

Tampereen ammattikorkeakoulu, amk-tutkinto
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Rakennustuotanto
Liisa Laitinen

Opinnäytetyö

Lämpöhirsielementtiseinän ominaisuuksien ja asennustekniikan tarkastelu

Työn ohjaaja
Työn tilaaja
Tampere 6/2010

diplomi-insinööri Hannu Kauranen
Karelement Oy, ohjaajana RI Jukka Pihlatie

Tekijä	Liisa Laitinen
Työn nimi	Lämpöhirsielementtiseinän ominaisuuksien ja asennustekniikan tarkastelu
Sivumäärä	57
Valmistumisaika	6/2010
Työn ohjaaja	DI Hannu Kauranen
Työn tilaaja	Karelement Oy

TIIVISTELMÄ

Työn suurin painotus oli liitteissä, jotka sisältävät Sami-talopaketin vastaanotto-, varastointi- ja asennusohjeet. Sami-talopaketin ostaja saa käyttöönsä ohjeet heti kaupan teytään edustajan kanssa.

Ohjeiden tarkoitus on antaa riittävät neuvot omatoimiselle rakentajalle sekä asennusryhmille, jotta välttyttäisiin rakennusaikaisilta virheiltä ja vahingoilta.

Sami-talo aloitti vuoden 2009 alussa tuotekehityksen lämpöhirsisen elementtitalon rakentamisesta. Lämpöhirsitalo oli yritykselle uusi tuote, eikä sille ollut vastaanotto-, varastointi- ja asennusohjeita. Työn tekijä on ollut tekemisissä lämpöhirsisten omakoti- ja vapaa-ajantalojen rakentamisen kanssa yli 20 vuotta, joten työhön ryhtyminen oli luonteva jatko. Lisäksi tekijän aikaisempi koulutus rakennuspiirtäjänä liittyy läheisesti työn tekniseen suorittamiseen.

Raporttiosuudessa keskityttiin puun ominaisuuksiin rakennusmateriaalina, puurakentamiseen ja tehtiin tutkiva vertailu massiivihirren ja lämpöhirren välillä lämpöhäviössä seinärakenteen läpi vuoden ajan jaksolla.

Työturvallisuuden osiota haluttiin painottaa erityisesti, koska rakentaminen on tapaturma-altista ja varsinkin pientalorakentamisessa tapahtuu edelleen turhia tapaturmia, kun turvallisuusnäkökohdat jäävät huomioimatta. Liitteissä työturvallisuus jätettiin vähemmälle huomiolle ja keskityttiin enemmän tekniseen ohjeistukseen.

Writer	Liisa Laitinen
Thesis	The Properties and the Installation Technique of a Thermo Log Wall
Pages	57
Graduation time	6/2010
Thesis Supervisor	DI Hannu Kauranen
Co-operating Company	Karelment Oy

ABSTRACT

Sami-house began a product development of their own thermo log element house construction at the beginning of 2009. They didn't have any receiving, storing or installation manual for thermo log houses they will be needed when selling and delivering houses. This examination, especially the two pull outs are focusing mostly to instructions for installation, in order to avoid mistakes and damages.

The writer of this examination has been familiar with the construction of thermo log houses over 20 years and her earlier occupation as a design drawer helped this subject choice.

This examination enlarges on the properties of wood and structure of it. Woods physical properties e.g. behaviour of dampness, properties of strengthen and durability of fire are taken with because they are very important properties in the wood construction and structure planning.

For showing the development of structure planning comparison between massive log and thermo log was made. They were inspected how much is thermo waste through the wall during a year in both structure.

Because of the thousands of accidents on the building sites the safety at work was taken extensively with. The meaning is to influence on the weak culture of safety on the detached and free time house building sites.

Esipuhe

Ohjeiden laadinta yhteistyössä Karelment Oy:n kanssa on ollut haastavaa, mutta mielenkiintoista. Välimatkan takia yhteistyötä tehtiin suurelta osin sähköisessä muodossa sekä puhelimella, mutta sen sujuminen oli mutkatonta ja vaivatonta.

Sisällön rajausta tuotti joskus vaikeuksia. Materiaalia täytyi karsia, koska oppaasta ei haluta liian laajaa tai teknistä. Asennusoppaassa lähtökohtana pidettiin sitä, ettei täysin rakennusalaan tuntematon yritä rakentaa itse enää omaa taloansa, vaan ostaa asennuksen ulkopuolisilta.

Ohjeet on tarkoitettu sovellettavaksi suurelta osin nimenomaan Sami-talopakettiin, mutta soveltuvat luonnollisesti myös muuhun tavanomaiseen rakentamiseen. Ohjeiden tarkoitus on myös vähentää virheitä materiaalin käytössä, koska jokainen materiaalimenekki on laskettu pakettiin sille tarkoitettun kohteen ja käytön mukaisesti. Vääränlainen käyttö johtaa materiaalipulaan toisessa ja ylitarjontaan toisessa materiaalissa. Oikein kohdistettu käyttö takaa riittävyyden.

Kiitän ohjaajaani Jukka Pihlatietä opettavaisista rakenneopillisista keskusteluista, materiaalin tarkastuksesta ja kannustuksesta, jolla tämä työ saatiin päätökseen.

Lempäälä kesäkuu 2010

Liisa Laitinen

Sisällysluettelo

1 Johdanto	7
1.1 Tausta	7
1.2 Tavoitteet.....	8
1.3 Rajaukset	8
2 Puun rakenne ja ominaisuudet	10
2.1 Puun rungon rakenne.....	10
2.2 Puun kemialliset ominaisuudet.....	13
2.3 Puun fysikaaliset ominaisuudet.....	14
2.3.1 Puun kosteuskäyttäytyminen	14
2.3.2 Puun lujuusominaisuudet.....	15
2.3.3 Muut fysikaaliset ominaisuudet.....	17
3 Hirsirakentamisen kehitys.....	20
3.1 Hirsirakentamisen historiaa.....	20
3.2 Hirsirakentamisen ongelmia.....	21
3.2.1 Hirsiseinien halkeileminen	21
3.2.2 Hirsiseinien laskeutuminen	21
3.2.3 Muita hirsirakentamisen erityispiirteitä.....	22
4 Talopakettit.....	25
4.1 Talopakettitoimitus.....	25
4.2 Pien- ja suurelementit.....	25
4.3 Suurelementtijärjestelmän hyödyt ja haitat	26
4.4 Teolliset hirsitalot.....	27
5 Yritysesittely	29
5.1 SamiX -rakenteet.....	30
6 Lämpöenergian siirtyminen seinärakenteessa	32
6.1 Lämmön siirtymisen muodot	32
6.2 Lämmönjohtavuus	32
6.3 Lämmönläpäisykerroin (U-arvo).....	33
6.4 Rakenteissa vaadittava lämmönläpäisykerroin	34
6.5 Tutkimuskohde.....	35

6.6 Rakennuksen lämpöhäviön laskenta	36
6.7 Rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia	37
7 Kosteuskäyttäytyminen SamiX-seinärakenteessa.....	39
7.1 Ilman kosteus.....	39
7.2 Kosteuden siirtyminen rakenteisiin.....	39
7.3 Vesihöyryn läpäisevyys ja vesihöyryn vastus	39
8 Työturvallisuus suurelementtiasennuksissa.....	42
8.1 Osapuolten turvallisuusvelvoitteet	42
8.1.1 Päätoteuttajan ja rakennuttajan velvoitteet.....	43
8.1.2 Suunnittelijan ja urakoitsijan velvoitteet	43
8.1.3 Vastaavan työnjohtajan turvallisuusvelvoitteet.....	44
8.1.4 Työntekijän velvollisuudet	45
8.2 Suurelementtien asentamisen keskeiset vaaratekijät ja niiden torjunta.....	45
8.2.1 Nostotyön vaaratekijät.....	46
8.2.2 Erityistilanteet.....	47
8.2.3 Elementin asennuksen vaaratekijät.....	48
8.3 Kattorakenteiden asennuksen vaaratekijät	50
8.3.1 Putoamissuojaus	50
8.3.2 Kulkutiet	53
8.3.3 Yleinen järjestys	54
9 Yhteenveto	55
Lähteet.....	56
Liitteet	57
Liite 1: Pohja- ja julkisivukuvat kohteena olevasta rakennuksesta.....	57
Liite 2: Vastaanotto- ja varastointiohje	57
Liite 3: Asennusohje.....	57

1 Johdanto

1.1 Tausta

Puu monipuolisena rakennusaineena on perinteisesti ollut käytetyin rakennusmateriaali Suomessa. Vielä 1950-luvulla lähes puolet kaikista uudisrakennuksista tehtiin puusta. Tämän jälkeen uudet rakennusmateriaalit, kuten tiili, betoni, kevytbetoni ja teräs, valtasivat alaa puulta. Puurakentamisen osuus koko uudisrakentamisen saralla oli aallon pohjassa 1960- ja 1970-luvulla, mutta on tämän jälkeen lisännyt osuuttaan osittain siksi, että puuta on yhä enemmän alettu käyttää myös asuinkerrostalorakentamisessa.

Nykyisin rakennettavista omakotitaloista on puurunkoisia noin 85 %, rivitaloista noin 65 % ja vapaa-ajan asunnoista noin 97 %. Puun käyttö rakentamisessa on perustunut sen hyviin ominaisuuksiin. Puuta on helppo työstää, sillä on kohtalaisen hyvät rakennusfysikaaliset ominaisuudet ja se mahdollistaa monenlaisten rakenteiden rakennusmahdollisuudet. Puusta on taloudellista ja puhdasta rakentaa ja se on uusiutuva luonnonvara, jonka saatavuus on hyvä. Lisäksi se soveltuu hyvin sekä kesä- että talvirakentamiseen.

Suomessa puisten elementtijärjestelmien käyttö yleistyi sodan jälkeisenä aikana jälleerakentamisen ja sotakorvausten maksamisen seurauksena. Elementtirakentaminen perustui tyyppitalotuotantoon, ja tällä rakentamistavalla syntyi jopa yhtenäisiä omakotitaloalueita. Varsinaiset elementtirakentamisen juuret ovat Yhdysvalloissa. Siellä kehittyivät pre-cut- ja platform-järjestelmät. Elementtirakentaminen on kehittynyt pre-cut-sovellusten 1960- ja 1970-lukujen ”laatikkokaudesta” yksilöllisesti suunniteltuihin arkitekhtimalleihin, joiden toimitus perustuu tehtaalla valmiiksi tehtäviin suurelementteihin.

Karelment Oy:n SamiX-talo rakennetaan suurelementeistä. Elementit tehdään tehtaalla kokoonpanopöydällä sisäverhousta lukuun ottamatta täysin valmiiksi. Ikkunat asennetaan peitelautoineen paikoilleen, mutta ulko-ovet toimitetaan rakennusosina.

SamiX-talon toimitussisällöt räätälöidään asiakaskohtaisesti. Siten asiakas pääsee itse vaikuttamaan toimitussisältöön ja voi hankkia halutessaan vaikka kaikki talopakettiin tarvitsemat rakennusosat yhdestä paikasta.

Lähes poikkeuksetta asiakkaat haluavat, että toimitukseen liitetään myös talopaketin asennus. Pystytys tapahtuu ammattilaisilta nopeasti – parhaimmillaan omakotitalo saadaan rakennettua perustusten päälle sateelta suojaan jopa alle viikossa.

1.2 Tavoitteet

Tavoitteena tässä työssä on tarkastella lämpöhirsiseinän ominaisuuksia tutustumalla yleisesti puun rakennusteknisiin ominaisuuksiin ja vertailemalla massiivihirsiseinän sekä lämpöhirsiseinän lämpö- ja kosteusteknistä käyttäytymistä. Toisena tavoitteena on selvittää lämpöhirsiseinän asennustekniikkaa työturvallisuus huomioon ottaen ja tuottaa kirjalliset ohjeet elementtien vastaanottoon, varastointiin ja asennukseen.

1.3 Rajaukset

Työ jakaantuu kahdeksi osaksi, opinnäytetyön tekstiosaksi ja liitteiksi, jotka sisältävät SamiX-talon lämpöhirsitalon elementtien vastaanotto-, varastointi- ja asennusohjeet. Liitteet tulevat olemaan olennainen osa tätä työtä, ja niitä tullaan jakamaan SamiX-talopaketin ostajalle.

Ohjeet on jaettu kolmeen osa-alueisiin – vastaanottoon ja varastointiin sekä asennukseen, koska asiakaskohtaisesti ohjeiden tarve on erilainen. Näistä osa-alueista asennuksen ohjeet ovat laajimmat ja antavat yksityiskohtaiset tiedot eri rakennusvaiheiden ja osien asennuksista sekä materiaalien käytöstä.

Vastaanotto ja varastointi ovat toki tärkeitä vaiheita, mutta toteutusajaltaan lyhyempi aikaisina jäävät vähemmälle huomiolle. Usein asiakkaalle talopaketin varastointivaihe jää jopa kokonaan pois, kun elementit asennetaan suoraan rakennukseen kuljetusautosta ilman välivarastointia.

Opinnäytetyön kirjallisessa osassa käsitellään puurakentamista yleensä, mutta erityisesti teollista hirsirakentamista. Työ sisältää vertailulaskelman massiivihirren ja lämpöhirren lämpöhäviöistä seinärakenteen läpi vuoden aikana. Työssä todetaan, että puurakentamisen kehitys on edennyt energiankulutuksen osalta säästävämpään suuntaan, ja on saatu rakennusteknisesti toimiva rakenne, jolla on perinteisen hirsitalon ulkonäkö.

2 Puun rakenne ja ominaisuudet

Suomessa rakennusteollisuuden runkorakenteessa ja verhoilussa käytettävä puu on yleensä joko mäntyä tai kuusta. Niiden osuudet sahatavaran tuotannossa ovat noin 60 % mäntyä ja 40 % kuusta, mutta osuudet vaihtelevat huomattavasti alueittain, sahoittain tai ajankohdittain.

Luonnon materiaalina puun ominaisuudet, kuten ulkonäkö, rakenne tai lujuusominaisuudet vaihtelevat. Mänty ja kuusi ovat ominaisuuksiltaan melko lähellä toisiaan. Mänty on hieman kovempaa ja painavampaa kuin kuusi. Kuusen tilavuuspaino on n. 450 kg/m³ ja männyn n. 550 kg/m³. Koivu on taas tilavuuspainoltaan vähän mäntyäkin raskaampaa – tilavuuspaino on n. 610 kg/m³. (Kärkkäinen 1971.)

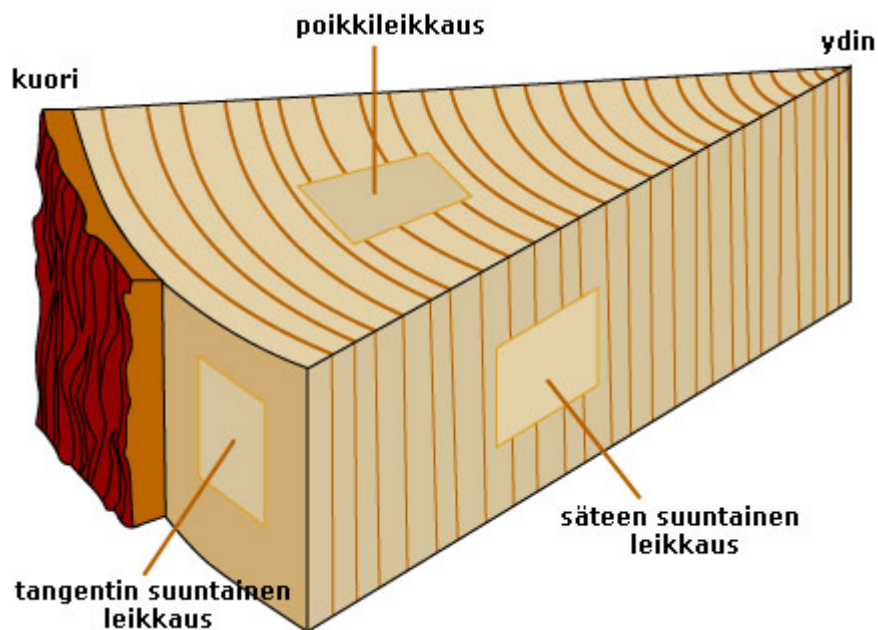
Männyn erottaa ulkonäön vuoksi kuusesta. Männyssä on kellertävä pintapuu ja punertava sydänpuu, kun kuusipuu on tasaisen vaaleata. Kuusessa on runsaasti pieniä eläviä oksia, jotka eivät kovin selvästi erotu ympäröivästä puuaineesta. Männyn oksat ovat yleensä kuivempia ja ympäristöään tummempia.

2.1 Puun rungon rakenne

Puun tärkeimmät leikkaussuunnat ovat poikkileikkaussuunta, säteittäinen leikkaussuunta ja tangentialinen leikkaussuunta. Poikkileikkaussuunnassa leikkuupinta on kohtisuorassa puunsyitä vastaan. Leikkausjäljestä muodostuu poikkileikkauspinta, kuten esim. puun katkaisun jälkeen. Säteittäinen leikkaussuunta muodostuu, kun leikkuupinta on yhdensuuntainen puunsyiden ja leikkuutaso kulkee ytimen kautta. Leikkuupinta on tangentialinen, kun leikkuutaso ei kulje ytimen kautta, vaan kuoren ja ytimen välistä. Tämä on kaikkein yleisin leikkuupinta, koska sahatavara sahataan näin.

Puu käyttäytyy eri tavalla eri syysuunnissa. Puu mm. kykenee vastustamaan eri voimia eri tavoin ja turpoaa sekä kutistuu eri suhteissa eri suunnissa.

Alla olevassa kuviossa 1 puun leikkaussuunnat esitetään havainnollisesti.



Kuvio 1: Puun leikkaussuunnat (Taideteollinen korkeakoulu)

Toisin kuin rakennusmateriaalit yleensä puu ei ole vain määrätyn muotoinen kappale tiettyä massaa. Puu on elämän tuote ja jokainen kasvava puu on yksilö, oman ympäristönsä ja kasvuhistoriansa muovaama. Yksilöllisyys näkyy puutavarassa, ja poikkeamat tasa-aineisuudessa ovat jopa ratkaisevia puuta käytettäessä.

Puun tärkeimmät aineosat ovat selluloosa, hemiselluloosa ja ligniini. Selluloosa toimii runkoaineena ja ligniini muodostaa luonnollisen liima-aineen. Puu muodostuu soluista, jotka ovat kuin onttoja putkia. Niiden tehtävänä on kuljettaa vettä ja ravinteita juuristosta latvuksiin sekä puun pinnalta keskiosiin.

Suomessa puun kasvukausi rajoittuu touko-elokuuhun. Tänä aikana syntyvä vuosirengas muodostuu kahdesta erivärisestä osasta, kevät- ja kesäpuusta. Kesäpuu näkyy esim. mäntylaudassa tummana renkaana. Rungon rakenne on pääpiirteissään sama koko puun eliniän ajan, vaikka niiden osuudet vaihtelevatkin puun eri ikäkausina.

Kuori (kaarna, tuohi)

Kuori on lähes kokonaisuudessaan kuollutta korkkisolukkoa. Solut kuolevat nuorina ja täyttyvät ilmalla. Vanhemmiten solut laajenevat edelleen. Tästä johtuu kuoriaineen keveys.

Nila

Nilakerros on heti kuoren sisäpuolella. Nilakerroksen tehtävänä on johtaa nesteitä. Solukko pysyy elävänä ainoastaan yhden kasvukauden ajan.

Jälsi

Jälsikerros sijaitsee nilakerroksen ja puuaineen välissä. Se on muodostunut elävistä soluista. Jälsikerroksessa tapahtuu puun paksuuskasvu.

Vuosirengas eli vuosilusto

Vuosirenkaat syntyvät seuraavasti: keväällä kasvukauden alussa solujen muodostuminen on vilkasta, jolloin niistä tulee vaaleita ja huokoisia. Syntyy kevätpuuta. Kesällä kasvukauden lopussa solujen muodostuminen on hitaampaa, jolloin niistä tulee tummempia ja tiiviimpiä. Tällöin syntyy kesäpuuta. Tällainen kerrospari syntyy yhdessä vuodessa ja varsinkin havupuilla kevät- ja kesäpuun välinen raja on hyvin selvä.

Sydän- ja pintapuu

Joillakin puulajeilla rungon sisäosa on tummempaa sydänpuuta. Sen ympärillä on selvästi erottuva vaaleampi vyöhyke, jota kutsutaan pintapuuksi. Sydänpuu muodostuu vasta vanhemmilla puilla. Havupuiden värillinen sydänpuu eroaa pintapuusta niiden sisältämien pihka-aineiden määrän ja koostumuksen suhteen. Pintapuun pihka on juoksevaa ja vaaleaa, kun taas sydänpuussa pihka on kovaa ja tummaa hartsia.

Tutkimusten mukaan männyn sydänpuu vastaa lahonkestävyydeltään painekyllästettyä puuta. Tästä syystä esim. hirsipaneelit työstetään niin, että sydänpuu on ulkopuolinen pinta. Männyn sydänpuuta ei voi kyllästyä tavanomaisin menetelmin, vaikka mäntypuuta muutoin kyllästetään.

Ydinsäteet

Ydinsäteet voidaan erottaa poikkileikkauspinnasta paljain silminkin. Ne ulottuvat säteittäin nilakerroksesta ytimeen päin ohuina viivoina. Ydinsäteiden tehtävänä on huoletta aineenvaihdunnasta nilakerroksen ja puun sisäosien välillä.

Pihkatiehyet

Pihkatiehyet syntyvät, kun jälsikerros muodostaa ryhmän soluja, jotka kehittävät onte-loissaan pihka-ainetta eli juoksevaa hartsia. Pihka tunkeutuu soluseinämien läpi ja pakottaa solut erkanemaan toisistaan niin, että niiden keskelle syntyy pieni tiehyt, joka täytyy pihkalla. Pihkatiehyet esiintyvät havupuissa.

Puun viat

Puun käyttäjän kannalta viaksi voidaan määritellä sellainen asia, mikä on kasvitieteellisesti luonnollinen ilmiö. Esim. isot oksat alentavat ja heikentävät puun arvoa, vaikka ne ovat luonnollinen osa puuta. Puissa esiintyy kuitenkin monenlaisia ilmiöitä, joita voidaan katsoa vioiksi. Tällaisia ovat mutkaisuus, haaraisuus, epäkeskisyys, kartiokkuus, pahkat, lyly, kierteisyys sekä väriviat ja laho. Ne heikentävät puun rakenteellisia ominaisuuksia ja vaikuttavat puun käyttökelpoisuuteen. (Kärkkäinen 1971.)

2.2 Puun kemialliset ominaisuudet

Puun kemiallisiin ominaisuuksiin vaikuttavat aurinko, ilma, vesi ja pinnankäsittelyaineet. Ultravioletisäteet aiheuttavat värinmuutosreaktioita ja puu värjäytyy esim. keltaiseksi tai keltaisen ruskeaksi. Ajan mittaan auringon valoenergia hajottaa solurakennetta.

Ilmassa olevista aineista lähinnä happi vaikuttaa puuhun. Yhdessä auringon kanssa se saa aikaan värimuutoksen ja soluseinämien hajoamisen. Kauan ilman ja auringonvalon vaikutuksen alaisena ollut puu tummenee harmaaksi.

Veden vaikutus puuhun on lähinnä värimuutosta ja hydrolyysia.

Pintakäsittelyaineiden vaikutukset voidaan ryhmitellä seuraavasti:

- värinmuutosreaktioihin (tumentaminen tai vaalentaminen)
- pihkan, rasvan ym. poistamiseen liuottamalla

- bakteeritoiminnan estämiseen lahoamista vastaan.

(Kärkkäinen 1971).

2.3 Puun fysikaaliset ominaisuudet

2.3.1 Puun kosteuskäyttäytyminen

Ilma sisältää vettä eri määrän lämpötilasta riippuen. Puu imee vettä itseensä, jos se on kuivempi kuin ympäröivä ilma. Jos märkä puu tuodaan kuivaan huonetilaan, se pyrkii luovuttamaan itsestään kosteutta ympäröivään ilmaan.

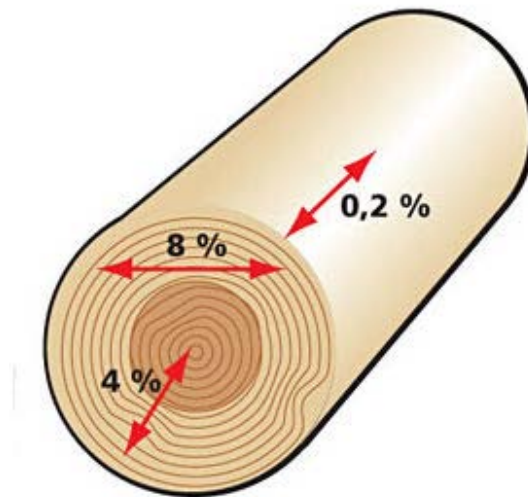
Tekniselle puulle voidaan määritellä seuraavat kosteuspitoisuudet:

varastokuiva puu	40 – 70 %
lautatarhakuiva puu	15 – 25 %
rakennuspuusepätkuiva puu	10 – 12 %
huonekalukuiva puu	6 – 8 %

Puu on materiaali, jonka kutistumisominaisuudet kosteusmuodonmuutoksissa ovat erilaiset eri suunnissa. Puun pitkittäissuuntainen kosteuseläminen on vähäistä, mutta poikittainen kosteuseläminen voi olla voimakasta ja se on huomioitava rakenteita suunniteltaessa.

Puun kuivuessa siitä haihtuu ensimmäisenä soluontelossa oleva vesi. Kun kaikki vapaa vesi on poistunut puun solukosta, alkaa puun soluihin sitoutunut kosteus haihtua. Puun kosteuspitoisuus on silloin n. 30 %. Jos kosteus laskee tästä, puu alkaa kutistua. Puun kuivuessa alle 20 % kosteuspitoisuuden, on se yleensä turvassa lahottajasieliltä, homeilta ja muilta biologisilta tuholaisilta.

Mänty ja kuusi kutistuvat tuoremitoista laskettuna vuosirenkään suunnassa 8 %, säteen suunnassa 4 % ja puun piteuden suunnassa vain 0,2 % puun kuivuessa 30 %:n kosteudesta 10 %:n kosteuteen. (kuvio 2).



Kuvio 2: Kutistuma puun kuivuesssa kosteasta (30 %) täysin kuivaksi (Tekniikka & Talous).

2.3.2 Puun lujuusominaisuudet

Kappaleen lujuudella tarkoitetaan sen ominaisuutta vastustaa ulkoisia voimia, jotka pyrkivät muuttamaan sen kokoa tai muotoa. Voiman suuruudesta riippuen muodonmuutos on joko pysyvä tai palautuu takaisin osittain tai kokonaan.

Veto puusyiden suuntaan

Vetolujuudella puusyiden suuntaan tarkoitetaan puun kykyä vastustaa syiden suuntaista vetoa. Tämä on suhteellisen suuri muihin lujuuksiin verrattuna. Käytännössä sitä esiintyy esim. taivutuksen yhteydessä palkin alareunassa.

Syiden suuntainen vetolujuus on 10- 20-kertainen verrattuna lujuuteen kohtisuoraan syitä vastaan.

Veto kohtisuoraan puusyitä vastaan

Vetolujuudella kohtisuoraan puusyitä vastaan tarkoitetaan puun kykyä vastustaa syitä vastaan kohtisuoraa vetoa. Käytännössä tällaisia rakenteita pyritään välttämään puussa olevien halkeamien vuoksi.

Puristus puusyiden suuntaan

Puristuslujuudella päittäin tarkoitetaan puun kykyä vastustaa syiden suuntaan vaikuttavaa voimaa. Puristuksessa tapahtuu helposti sivuttaisnurjahdus. Syidensuuntainen puristuslujuus ilmaikuivana on noin puolet vastaavasta vetolujuudesta.

Puristus kohtisuoraan puunsyitä vastaan

Puunsyitä kohtisuoraan vaikuttavat puristusvoimat ovat syihin nähden poikittaaisia. Kohdistuora puristuslujuus on riippuvainen siitä, miten puristava voima kohdistuu pintaan. Voima voi kohdistua osalle pintaa joko kisko- tai leimapuristuksena tai koko pinnalle kokonaispuristuksena. Viimeksi mainittua lujuutta käytetään hyväksi esim. hirsiseinissä.

Taivutus

Taivutuslujuudella tarkoitetaan kappaleen kykyä vastustaa sen pituussuuntaa vastaan kohtisuoraan vaikuttavaa voimaa, joka pyrkii muuttamaan kappaletta kaarevaksi. Tämä lujuus on yhdistelmä kappaleen koveralla puolella olevasta puristuslujuudesta ja kupe-
ralla puolella olevasta vetolujuudesta. Virheettömän puun taivutuslujuus on yhtä suuri kuin vetolujuus ja syiden suunnassa suoraan verrannollinen puun tiheyteen. Taivutuslujuus tulee usein esille puun käytössä rakennusmateriaalina esim. kattokannattimissa.

Leikkauslujuus

Leikkauslujuudella tarkoitetaan puun kykyä vastustaa puunsyiden suuntaan vaikuttavaa voimaa, joka pyrkii leikkaamaan sivuttaisen puun pinnasta osan irti. Tämä on puun heikoimpia lujuuksia. Käytännössä tämä lujuus tulee esille erilaisissa liitoksissa. (Kempainen, 1978.)

Taulukko 1 esittää Rakentajan kalenterista saadut virheettömille kappaleille saadut lujuusarvot. Samankin puulajin lujuusominaisuudet vaihtelevat suuresti. Huomattavimmin lujuuteen vaikuttavat kasvialue, tiheys, kevät- ja kesäpuun suhteellinen osuus, puun kosteustila sekä oksaisuus.

Taulukko 1: Männyn ja kuusen lujuusarvoja N/mm^2 (Rakentajan kalenteri 2008, 66)

	Vetolujuus		Puristuslujuus		Taivutuslujuus
	a	b	a	b	b
Mänty	100	3,0	55	7,5	100
Kuusi	90	2,5	50	5,5	75

a = syiden suuntaan

b = kohtisuoraan syitä vastaan

Kulutuksenkestävyys

Puun kovuus kuvaa yleensä samalla puun kulutuksenkestävyyttä. Kovuutta mitataan mm. Brinell-kovuudella. Menetelmässä puun kovuus mitataan teräskuulan puuhun jättämän jäljen perusteella, kun kuulaan kohdistuu määrätyn suuruinen voima.

Puulajit jaetaan kovuuden perusteella neljään ryhmään:

1. erittäin kovat puulajit (ebenholtz, muhuhu, valkopyökki)
2. kovat puulajit (tammi, saarni, pähkinäpuu)
3. pehmeät puulajit (mänty, kuusi, koivu)
4. erittäin pehmeät puulajit (haapa, leppä, abachi)

Männyllä Brinell-kovuus on $1,9 \text{ N/mm}^2$ ja kuusella $1,3 \text{ N/mm}^2$, joten kuusen kulutuksenkestävyys on vähän pienempi kuin männyn. Vertailun vuoksi kerrottakoon, että muhulla kovuus on $5,8 \text{ N/mm}^2$. (Siikanen 2008.)

2.3.3 Muut fysikaaliset ominaisuudet

Lämpölaajeneminen

Lämpö laajentaa myös puuta, mutta laajeneminen lämpötilan kohotessa on hyvin vähäistä. Käytännössä sillä ei ole merkitystä.

Lämmönjohtavuus

Lämmön johtumisella tarkoitetaan lämmön siirtymistä ainetta pitkin ilman, että aine itse liikkuu. Aineen lämmönjohtavuus on se lämpömäärä, joka aikayksikössä siirtyy ainetta pitkin pituusyksikköä ja yhden asteen lämpötilaeroa kohden kahden tunnetun pinnan välillä. Suureesta käytetään symbolia λ (lambda).

Kuivalla puulla on huokoisena aineena huono lämmönjohtavuus. Tämä merkitsee sitä, että puu on hyvä lämmöneriste. Sekä kuusella että männyllä syitä vastaan kohtisuorassa normaalin lämmönjohtavuus λ_n on 0,14 W/mK. Mineraalivillaan verrattuna se on noin kolminkertainen. Lämmönjohtavuuteen vaikuttavat puun kosteus ja tiheys. Kun puun kosteus kasvaa prosentoin, lämmönjohtokyky kasvaa 2,7 %.

(Rakentajain kalenteri 2008, 66)

Sähkönjohtavuus

Kuivalla puulla on huono sähkönjohtavuus, joten puu eristää sähköä. Mitä kosteampaa puu on, sitä enemmän se johtaa sähköä. Puunsyiden kyllästymispisteessä (30 % kosteus) puulla on lähes sama sähkönjohtavuus kuin vedellä.

Äänenjohtavuus

Puu johtaa pituussuunnassa ääntä paremmin kuin poikittaissuunnassa. Tilavuuspainoltaan puu on kevyt materiaali, joten sen ääneneristysominaisuudet ovat kuitenkin huonot. Sen sijaan äänenvaimennusominaisuudet ovat kohtalaiset. Puuta käytetään erilaisissa ääntä vaimentavissa resonaattorirakenteissa esim. musiikkisaleissa.

Palotekniset ominaisuudet

Palotekniset ominaisuudet rajoittavat puun käyttöä ja soveltuvuutta erilaisiin rakenteisiin ja se luokitellaan muiden puupohjaisten tuotteiden tavoin palavaksi materiaaliksi.

Kosteudella on vaikutusta puun syttymiseen, mutta yleensä puun syttymispiste on +250 - +300 °C. Palaessaan puu hiiltyy pinnaltaan ja se ei kantavana rakenteena, palkkina tai pilarina, tarvitse erityistä palosuojausta, jos se palotilanteessa säilyttää riittävän kanto- ja suojaamiskyvyn määräyksissä vaaditun ajan. Mitoituksessa tulee kuitenkin ottaa huomioon puun hiiltymisnopeus ja syvyys.

Puun hiiltymisnopeus on massiivipuulla 0,8 mm/min. Massiivipuun soveltuu käytettäväksi kantavana rakenteena, kun kannatteilta vaaditaan 30 - 90 minuutin palonkestoaikaa.

Puun palonkestävyyttä voidaan parantaa kemiallisesti esim. palonestomaalilla. Maalin vaikutus perustuu siihen, että se paisuu kuumuuden vaikutuksesta synnyttäen vaahtoa, joka hidastaa lämmön siirtymistä rakenteeseen. Sively palonestomaalilla suojaa puuta 10 - 15 minuuttia ja ulkonäöltään se vastaa normaalia maalausta tai lakkausta. (Siikanen 2008.)

3 Hirsirakentamisen kehitys

3.1 Hirsirakentamisen historiaa

Suomalaiset ovat asuneet hirsitaloissa vähintään parin tuhannen vuoden ajan. Ensimmäiset tuvat tuskin olivat muuta kuin muutaman hirsikerroksen korkuisia majoja, mutta kun tuli paloi keskilattialla ja savu johdettiin ulos, ne olivat asumuksia, joissa pärjättiin talvenkin yli.

Varsinainen hirsirakentaminen on saksalais-ruotsalaista tuontitavaraa ja sen historia on noin 1000 vuotta. Keskiajalla Venäjän suunnalta tulivat pyöröhirsitalot ja hirret alettiin myös veistää sileiksi kauneuden ja kestävyuden vuoksi. Myös hirsien väliin jäivät raot alettiin täyttää savella ja rakojen minimoimiseksi hirret asetettiin vuorotellen siten, että kapea latvapää tulee leveän tyven päälle ja päinvastoin.

Myöhemmin tilkkeinä alettiin käyttää seinäsammalta. Sillä myös täytettiin hirteen tulleet halkeamat, joten sitä voitaneen pitää eräänlaisena eristämisen ensiaskeleena. Nykyisin tilke on pellavan kehruujätettä, tässä välissä käytettiin manillaköysiä ja juuttisäkkejä.

Hirsirakennuskaan ei ole ikuinen. Monet 1700-luvulla kyhätyt hirsirakennukset mädäntyivät nopeasti eikä niistä ole montakaan enää jäljellä. Syynä on ollut holtiton rakennustapa eikä kosteuden vaikutustakaan rakennuksen turmelijana ole tunnettu.

Suomalaista puurakentamista edustavat puukirkot, joista edelleen toiminnassa oleva Kerimäen puukirkko on maailman suurin. Se rakennettiin puusta, kun rahat eivät riittäneet kivikirkkoon ja pienempi ei käynyt, koska puolet seurakunnan väestä täytyi mahtua sisälle. Kirkko valmistui v. 1847, ja sinne mahtuu 3000 henkilöä istumaan.

Hirsirakentaminen hävisi kenttäsafojen yleistyttyä lautataloille ennen sotia 1930-luvulla, mutta sotien jälkeen hirsitalot yleistyivät jälleen, kun oli puutetta laudoista ja nauloista. Hirsirakentaminen ei niitä kaivannut, sillä rakentaminen oli kiinni vain metsästä ja työvoimasta.

Olojen pikku hiljaa parannuttua ja elintason noustua, hirsirakennuksia on yhä enemmän käytetty kesämökkirakentamiseen sekä toimitilarakentamiseen, kuten ravintoloihin, kahviloihin tai majoitustiloiksi.

Hirsitalon nurkan muoto ja kehitys on luku sinänsä. Se on ollut rakentajan taidonnäyte, mieltymys- tai muotiasia – milloin mitenkään, mutta edelleenkin se jakaa ihmisten mieliteitä ja tietysti vaikuttaa rakennuksen arkkitehtuuriseen ilmeeseen. (Kaila, 1997.)

3.2 Hirsirakentamisen ongelmia

3.2.1 Hirsiseinien halkeileminen

Hirsiseinä pyritään tekemään aina mieluummin tuoreista kuin jo kuivuneista hirsistä, sillä tuoretta hirttä on helpompi muotoilla. Kuivumisen aiheuttamat jännitykset synnyttävät helposti halkeamia näkyvään pintaan keskelle hirttä. Jotta tältä vältyttäisiin, tehdään halkeamat valmiiksi hirsien välisiin saumoihin, missä niistä ei niinkään ole haittaa. Nykyisin halkeilemista torjutaan myös liimaamalla puuaihioita yhteen lamellihirreksi. Täten saadaan pienemmistä puista koottua massiivisempia hirsiiä. Halkeamat keräävät tuulen mukana vaakasuoraan satavaa vettä ja voivat otollisessa tilanteessa aiheuttaa hirsien lahoamista.

3.2.2 Hirsiseinien laskeutuminen

Hirsiseinän kuivumisesta aiheutuva laskeutuminen on 20-30 mm seinän korkeusmetriä kohti. Painuma on sitä suurempi, mitä tuoreempaa hirttä on käytetty. Lisäksi tilkkeiden painuminen hirsien välissä aiheuttaa seinän painumista. Ongelmaa lisää vielä se, että lämmitettävässä rakennuksessa sisällä olevat väliseinät laskeutuvat pienemmän kosteuspuutensa vuoksi n. 10 mm / korkeusmetri enemmän kuin ulkoseinät.

Jos rakennuksessa on kantavia painumattomia rakenteita, on huolehdittava siitä, että hirret pääsevät joka kohdassa esteettömästi painumaan. Laskeutumiseista muodostuu helposti kohtiin, joissa vaakahirsi liittyy esim. muuraukseen tai pystypuuhun.

Laskeutumisvaraa täytyy jättää aukkojen ja tiilimuurauksien yläpuolelle, ulkoseinien ja kuormittamien seinien liitoskohtaan, pystypilareihin, laskeutumattomien väliseinien yläpuolelle sekä kaikkien karojen yläpään. Painuminen on ongelmallinen myös sisäseinien laatoituksissa ja kaapistojen asennuksissa.

3.2.3 Muita hirsirakentamisen erityispiirteitä

Puun pinnan oksaisuus jää massiivihirsipinnassa näkyviin, ja kuivat oksat voivat jopa irrota kuivasta sisäpinnasta. On myös hyväksyttävä suuremmat mittatoleranssit ja puun kieroutumat, joita ei voi välttää puun ”eläessä” tapituksista huolimatta.

Talotekniset asennukset esim. sähkö- ja vesijohdot joudutaan tekemään usein pinta-asennuksina, mikäli niitä ei saada esim. lattia- tai yläpohjarakenteisiin.

Hirsirakennuksen lisälämmöneristys voidaan rakentaa joko rakennuksen sisä- tai ulkopuolelle, mutta ongelmattomasti se ei ole tai sen aikaansaamat muutokset ovat oleellisia ulkonäköön ja ovat kustannuksiltaan kalliita. Lisäksi on huomioitava, että lisäeristetyn hirsiseinän kosteustekninen toiminta on huomattavasti monimutkaisempaa kuin massiivihirsiseinän.

Ulkopuolinen lisäeristys on teknisesti turvallisempi ratkaisu kuin sisäpuolinen. Silloin myös vanhan rakenteen lämpötila nousee ja rakenne kuivuu. Sisätilat säilyvät hirsipintaisina ja huonetilat eivät pienene. Myöskään väliseinien kohdalle ei synny kylmäsiltoja. Ulkopuolisessa lisäeristyksessä ja tiivistyksessä voi käyttää huokoisia puukuitulevyjä tai tuulensuojavillaa, jolloin koolausta ei tarvita. Rakenteet säilyvät ohuina. Paksumman ulkopuolisen lämmöneristekerroksen takia ikkunat, ovet ja perustukset voivat jäädä rumasti syvennyksiin ja niiden ympärille saattaa muodostua kylmäsiltoja. Ikkunat ja ovet pitäisi sen vuoksi siirtää uuden (paremman) lämmöneristeen kohdalle. Mikäli lämmöneristeenä käytetään muuta kuin huokoista puukuitulevyä, on erityisesti huolehdittava siitä, etteivät ilmavirtaukset pääse rakenteisiin aukkojen sivuilta tai seinän ja sokkelin liittymästä.

Jos lisälämmöneriste asennetaan hirsiseinän ulkopuolelle pystyrunkoon ja lisäksi asennetaan rakenteen vaatima tuulensuojalevy, tuuletusväli ja ulkoverhous, niin rakenne ulkonee n. 170 – 200 mm perustuksien ulkoreunasta. Rakennemuutos edellyttää myös katon uusimista (kuvio 3).



Kuvio 3: Hirsiseinä lisälämmöneristettynä ulospäin (Paroc)

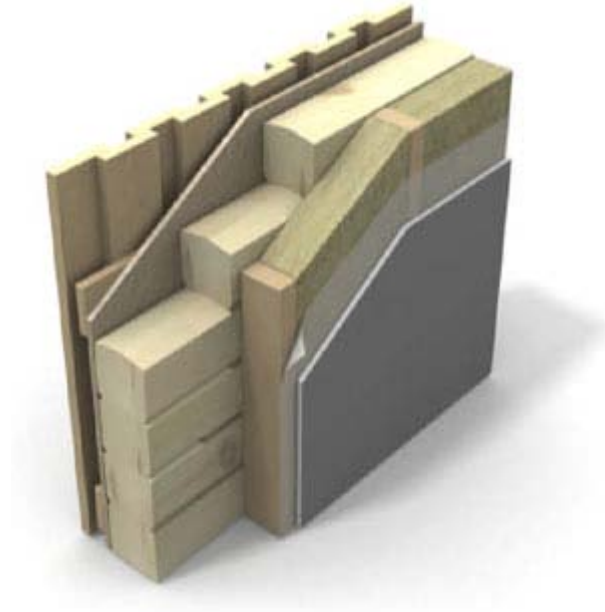
Hirsiseinän sisäpuolinen lämmöneristäminen ei ole suositeltavaa, jos höyrysulkua ei käytetä, varsinkaan Etelä-Suomessa, missä kosteusrasitus on paljon suurempi kuin Pohjois-Suomessa.

Ajoittain kylmillään olevissa rakennuksissa, kuten loma-asunnoissa, höyrysulku on vaaraksi rakenteille, koska se saattaa edistää lahovaurioita hidastamalla rakenteiden kuivumista. Lisäksi ulkoapäin tuleva kosteus saattaa tiivistyä joissakin tapauksissa höyrinsulun ulkopintaan, eristeen puolelle, mistä voi aiheutua vaurioita rakenteille. Rakenteiden kylmällä puolella (ulkopuolella) ei saa missään tapauksessa olla höyrytiivistä kerrosta.

Mikäli rakenteet halutaan kuitenkin säilyttää ilman höyrinsulkua, on syytä käyttää vain pieniä eristevahvuuksia (<50 mm). Kosteus voi tiivistyä sisäpuolelta lisäeristetyssä höyrinsuluttomassa rakenteessa eristeen ja hirsiseinän rajapintaan (ns. kastepiste). Sen vuoksi lämmöneristeenä on suositeltavaa käyttää puukuitueristeitä, jotka tasaavat rakenteiden kosteutta sitomalla sitä itseensä.

Tiiviitä, höyrönsulun muodostavia kerroksia, kuten muovikalvoja, tiiviillä maalilla maalattuja puupohjaisia levyjä ja muovia sisältäviä tapetteja ei saa jäädä lisäeristetyyn rakenteen sisälle, jotta rakenne voi kuivua ulospäin.

Sisäpuolinen eristäminen pienentää huonetilaa ja voi aiheuttaa ikkuna- tai ovimuutoksia (kuvio 4).



Kuvio 4: Lisälämmöneriste sisäpuolelle sekä uusi ulkoverhous asennettuna vanhaan hirsiseinään (Paroc).

4 Talopaketit

4.1 Talopakettitoimitus

Tilastokeskuksen mukaan Suomessa rakennetuissa taloissa käytettiin vuonna 2008 84 % puuta rakennusmateriaalina. Puun käyttö on ollut lievässä laskussa, mutta se on pääasiain myytävien talopakettien runkomateriaali sekä pien- että suurelementeissä. Talopaketit voidaan jakaa laajuuden mukaan kahteen ryhmään – valmisosatalot ja valmistalot. Valmisosatalot sisältävät vain osan tarvittavista rakennustarvikkeista ja rakennustöistä, kuten runko, julkisivumateriaalit, ovet, ikkunat, kattoristikot sekä vaihtelevan määrän muita tarvikkeita.

Tarvikkeet kattavat yleensä 20 - 40 % talon kustannuksista.

Valmistalon talotoimittaja rakentaa muuttovalmiiksi, ja toimitus kattaa vähintään 70-80 % talon kokonaiskustannuksista. Viimeksi mainittua kutsutaan puhekielessä myös "avaimet käteen"-toimitukseksi.

4.2 Pien- ja suurelementit

Pienelementit ovat seinän korkuisia, enimmillään 180 cm leveitä. Elementit valmistetaan tehtaassa, sisältäen ulkoseinä rakenteen sisäverhouslevystä ulkopintaan asti. Lautaverhous asennetaan elementtiin yleensä jo tehtaalla, tiilijulkisivu tms. joudutaan tekemään vasta rakennuspaikalla. Pienelementit ovat kevyitä, joten niiden käsittely työmaalla onnistuu miesvoimin. Pienelementtejä käyttämällä rakentaja voi hoitaa pystytyksen myös itse, mutta tavallisesti sen tekee kuitenkin talotehtaan pystytysyksikkö.

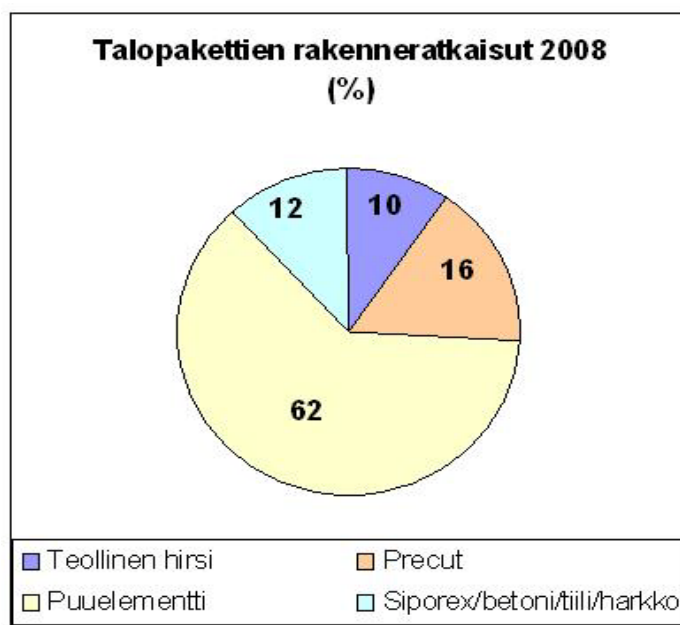
Suurelementit ovat nimensä mukaisesti suuria, yleensä koko seinän mittaisia. Elementit valmistetaan yksilöllisesti joka taloon, puuverhous asennetaan näihinkin jo tehtaalla. Seinän mittaisten elementtien paikalleen asentamisessa tarvitaan nosturia, joten pystytyksen hoitaa pääsääntöisesti talotehdas.

Suurelementtitoimituksen valmiusaste muodostuu jo valmistusmenetelmästä johtuen korkeammaksi kuin pienelementeillä. Esim. ikkunat ja ovet ovat jo elementeissä asen-

nettuna, päätykolmiot rakennettuina ja sähköputkitukset voidaan upottaa rakenteisiin johtaalla.

Elementtiasennuksessa tarvitaan nostokalustona ajoneuvonosturia, jonka puomin pituus riippuu vallitsevista olosuhteista. Suurelementtijärjestelmän mukainen toimitus edellyttää, että perustukset on tehty laadittujen suunnitelmien mukaisesti ja perustusten tarkkuus korkeus- ja vaakamitoituksen osalta on 5 mm.

Kuviossa 5 on esitetty puurakenteisten talopakettien rakenneratkaisujen osuudet Suomessa vuonna 2008. Tyypillisin ratkaisu on puuelementti.



Kuvio 5: Talopakettien rakenneratkaisut 2008 (Suomirakentaa.fi)

4.3 Suurelementtijärjestelmän hyödyt ja haitat

Koska elementit tehdään sisätiloissa, tuotteen tuottaminen on mahdollista ja tasalaatuis-ta vuodenaikasta riippumatta. Käytäntö on kuitenkin osoittanut, ettei se poista toimitusten kausiluonteisuutta, mutta on tasoittanut sitä. Toimitusten jakautumista ohjataan edelleen hintapolitiikalla.

Materiaalien käsittely hallituissa oloissa vähentää materiaalihukkaa, eikä esim. tarvikkeiden turmeltumista, likaantumista tai laadun heikkenemistä tapahdu kuten ulkorakentamisessa. Lisäksi työsuoritukset ovat vakioituneita, mikä osaltaan myös vähentää hukkaa.

Tuotekehitys on jatkuvampaa ja suunnitelmallisempaa. Kun asia kerran keksitään, sitä ei tarvitse keksiä joka työmaalla uudestaan. Tuotekehityksen tuloksista hyötyvät sekä asiakas että talotoimittaja. Myös työn ja materiaalitointojen keskittäminen antaa kustannussäästöjä.

Luonnollisesti rakennuksen nopeasta runkopystytyksestä saadaan etuna se, että rakennus saadaan nopeasti suojattua sateelta tai liialliselta auringonpaisteelta. Jos vertailukohteena on esim. hirsirunkopystytys, rungon sään armoilla olemisen ero on huomattava. Koska rakentamisaika elementtijärjestelmässä lyhenee merkittävästi, se tuo korkomenojen, vuokramenojen yms. muodossa säästöjä asiakkaalle.

Suurelementtijärjestelmän haitaksi on osoittautunut varsinkin vapaa-ajan asuntojen tonseille johtavien teiden kapeus ja mutkaisuus. Elementit kuljetetaan ajoneuvoyhdistelmällä, jonka pituus on n. 22 m, joten se vaatii runsaasti tilaa voidakseen kääntyä määränpäässä. Tästä syystä toimitukseen tulee joskus yksi työvaihe lisää – juontaminen.

4.4 Teolliset hirsitalot

Teollisessa hirsitalossa hirret työstetään valmiiksi tehtaalla ja kootaan talorungoksi työmaalla. Hirsitalon julkisivu voi olla pyörö- tai höylähirttä. Massiivirakenteisen hirsitalon ulkoseinät ovat kokonaan hirttä, yhdistelmärakenteessa hirsirunko taas saa sisä- tai ulkopuolelleen lämmöneristekerroksen. Ns. lämpöhirsitalot ovat hirsipaneelilla verhotuja puuelementtitaloja.

Lämpöhirsirakenne on yleistynyt tiukentuneiden rakentamismääräysten, ulkonäkövaatimuksien sekä massiivihirren laskeutumisesta aiheutuvien ongelmia takia. Lämpöhirsirakenteen tuotannon aloitti Kesätunturi Oy (nyk. Lapponia House Oy) n. 30 vuotta sitten. Lähinnä rakenne eroaa perinteisestä puuelementtitalosta nurkkarakenteen perus-

teella. Nurkat valmistetaan massiivihirrestä ja liitetään eristettyyn seinärakenteeseen tehdaskohtaisin detaljin.

Lämpöhirren nimen on saanut moni rakennemalli ja oma variaatio löytyy usealta hirsitalovalmistajalta. Yleensä perinteiset hirsitalovalmistajat käyttävät edelleen massiivihirttä rakenteessa, vaikka se tuo painumisongelman ja kylmäsiltoja rakenteeseen (kuvat 1-2).



Kuvat 1-2: Rantasalmi Oy:n rakenneratkaisuja (Rantasalmi)

5 Yritysesittely

Karelment Oy on Nurmeksessa toimiva talotehdas, jonka päätuotteena ovat puurunkoiset suurelementit. Yritys on toiminut vuodesta 1994 ja yrityksen toimitusjohtaja on Kyösti Kettunen.

Yritys on toimittanut aikaisemmin enemmän tuotteitaan Itä-Suomen alueelle, mutta toiminta on laajentunut Keski- ja Etelä-Suomeen 11 paikallisen edustajan myyntiverkoston kautta. Tunnettavuutta ovat lisänneet myös osallistumiset Suomen Asuntomessut Oy järjestämille asuntomessuille useampana kesänä. Vientimyyntiä on ollut jonkin verran Ukrainaan ja Venäjälle.

Päätuote, lautaverhoiltu omakotitalo, on saanut rinnalleen tämän vuoden aikana uuden tuotteen – SamiX-lämpöhirsitalon. Talot voidaan toteuttaa joko omakotitaloksi tai vapaa-ajan asunnoiksi. Rakenteellinen ero edellisissä on vain erilainen eristevahvuus.

Suurin osa taloista tehdään yksilöllisten sekä rakenteellisten että arkkitehtuuristen suunnitelmien mukaisesti, mutta mallistossa on myös ns. vakiomalleja, joista usein suunnittelut asiakkaan omaan tarpeeseen lähtevät.

Liikevaihto on n. 4 – 5 miljoonan euron luokkaa ja tehdas työllistää keskimäärin n. 35 työntekijää suoranaisesti ja n. 15 välillisesti aliurakointiin.

Yritys käyttää logoa, joka viestittää sekä rakentajan että talon voivat hyvin (kuvio 6).



SAMI-TALO

Kuvio 6: Karelment Oy:n Sami-talon logo (Karelment Oy)

5.1 SamiX-rakenteet

Lämpöhirsirakenne tuli markkinoille koska, ihmiset halusivat hirsitalon ulkonäön, mutta eivät hirsitalon ongelmia. Myös koko ajan tiukentuneet lämmönläpäisykertoimien vaatimukset ”pakottivat” kehittämään jotakin uutta. Lisäksi nousseet vapaa-ajan asunnon tasovaatimukset ja asunnon ympärivuotinen käyttö lisäsivät energiatehokkaamman rakenteen kysyntää.

Hirren teollinen tekeminen liimaamalla on muuttanut hirsirakennuksissa käytettävän hirsityypin valintaa siten, ettei enää valita niin usein pyöröhirttä kuin helpommin saatavaa ja edullisempaa lamellihirttä tai höylähirttä. Pyöröhirren suosion vähenemiseen on siis vaikuttanut hinta ja saatavuus viimeisen 20 vuoden aikana.

SamiX-talon hirsiseinän rakenne on puurunkoisen talon perustyyppi lisättynä hirsipaneelilla ulkoverhoukseen ja niille osille sisäverhouksiin kuin sitä halutaan.

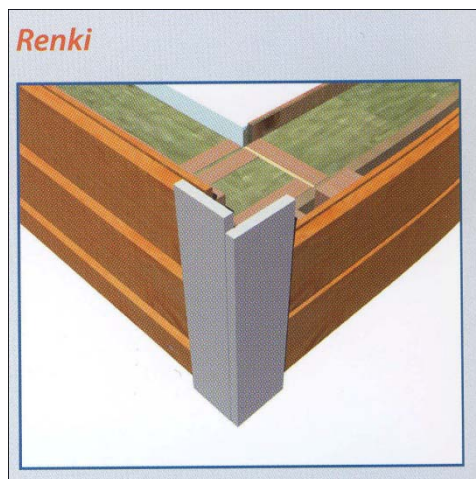
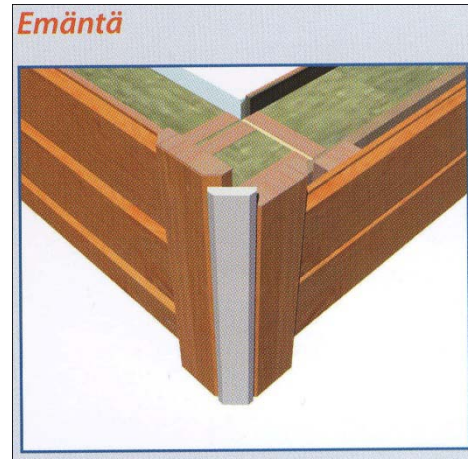
Elementin rakenne ulkoapäin on seuraava:

- hirsipaneeli 28 x 170 HLL kuusi
- tuuletusväli ja koolaus 28 mm
- tuulensuojalevy 25 mm
- runko 48 x 198 mm + mineraalivilla 200 mm
- höyrynsulkumuovi
- kuusipaneeli HL 19 x 169 STV /STS, joka toimitetaan irrallaan likaantumisen estämiseksi sekä osin sähköasennusten helpottamiseksi.

Vapaa-ajan talon rakenteessa käytetään muutoin samaa rakennetta, mutta eristeen määrä on 150 mm ja runko 148 mm.

Nurkat ovat joko massiivihirttä asiakkaan toivoman koon mukaan tai lamellihirsinurkia, joiden koko on 135 x 170 mm tai 165 x 220 mm. Rakenne voidaan toteuttaa myös niin kutsutulla emäntänurkalla, jossa hirsinurkat on korvattu soiroilla 42 x 148 mm tai nk. renkinurkalla, jossa käytetään lautaa 20 x 145 mm. Usein nämä hirsinurkattomat talot rakennetaan kaava-alueille, joiden kaavassa ei hyväksytä hirsitalon ulkonäköä.

Rakenteet eivät ole ehdottomia, vaan esim. eristeen muutos johonkin toiseen vaihtoehtoon on aina mahdollista (kuviot 7 - 9).



Kuviot 7 - 9: Ulkonurkkien malleina on kolme vaihtoehtoa: perinteinen isäntä, moderni emäntä tai ajaton renki. (Karelment Oy)

6 Lämpöenergian siirtyminen seinärakenteessa

6.1 Lämmön siirtymisen muodot

Lämpö siirtyy rakenteessa tai tilassa kolmella tavalla: johtumalla, säteilemällä ja konvektion eli virtauksen avulla. Johtumista esiintyy kiinteissä aineissa ja nesteissä, kun molekyylien liike-energiaa siirtyy molekyylistä toiseen. Lämpö pyrkii tasoittumaan väliaineessa lämpimästä kylmempään päin. Säteilyssä energia siirtyy sähkömagneettisen aaltoliikkeen välityksellä. Kaikki kappaleet, joiden lämpötila on absoluuttisen nollapisteen yläpuolella, lähettävät säteilyä.

Konvektiossa lämpö siirtyy kaasun tai nesteen virtauksen mukana. Pakotetussa konvektiossa kaasu tai neste liikkuu ulkopuolisen voiman vaikutuksesta esim. koneellisessa ilmanvaihdossa. Luonnollisessa konvektiossa lämpötilaerojen aiheuttama tiheysero saa aikaan liikkeen.

6.2 Lämmönjohtavuus

Materiaalin tehokkuutta siirtää lämpöenergiaa kuvataan lämmönjohtavuudella. Lämmönjohtavuuden yksikkönä on W/mK ja aineille ominaisia lämmönjohtavuuksia merkitään symbolilla λ . Mitä suurempi λ -arvo on, sitä tehokkaammin aine siirtää lämpöä. Siten esim. metalleilla λ -arvot ovat suuria ja lämmöneristeillä se sijaan pieniä.

Laboratoriossa λ -arvot mitataan 10 °C keskilämpötilassa ja ne merkitään λ_{10} . Koska arvoissa saadaan suuriakin vaihteluita verrattuna käytännön toteutuksiin ja olosuhteisiin, käytössä on ollut ns. normaalin lämmönjohtavuus λ_n , joka ottaa huomioon materiaalin vesipitoisuuden, ilmanläpäisevyyden, materiaalin vanhenemisen ja laboratoriomittaustulosten hajonnan.

Uudemman EN-standartin mukaan normaalin lämmönjohtavuuden sijaan on siirrytty käyttämään ilmoitettua lämmönjohtavuusarvoa λ_D , joka vastaa entistä laboratorioarvoa, ja jota suunnittelija korjaa erillisen ohjeen mukaisesti käytännön laskennalliseksi arvoksi, jolloin saadaan λ_{design} .

Rakennusaineiden ja -tarvikkeiden lämmönjohtavuus kasvaa kosteuden lisääntyessä. Jotta saataisiin lähellä todellista tilannetta olevia lämmönjohtavuusarvoja, oletetaan rakennusaineiden sisältävän tietyn määrän kosteutta.

Tässä työssä käytetään puulle (mänty/kuusi) normaalin lämmönjohtavuusarvoa λ_n 0,12 W/mK.

6.3 Lämmönläpäisykerroin (U-arvo)

Lämmönläpäisyä kokonaisuutena kuvaa lämmönläpäisykerroin U, ns. U-arvo, joka riippuu seinämän muodostavien kerrosten materiaalista ja paksuuksista, pintojen laadusta sekä virtaavista aineista ja virtausnopeuksista. U-arvon yksikkö on W/m²K eli U-arvo kuvaa sitä lämpövirtaa, mikä kulkee 1 m² kokoisen rakenteen läpi lämpötilaeron ollessa 1 K.

Lämmönläpäisykerroin lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C4 mukaan.

Lämmönläpäisykerroin lasketaan kaavasta

$$U = \frac{1}{R_T},$$

jossa

R_T = rakennusosan kokonaislämmönvastus ympäristöstä ympäristöön eli $R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 \dots + R_m + R_{se}$,

jossa

$R_1 = d_1 / \lambda_1, R_2 = d_2 / \lambda_2 \dots R_m = d_m / \lambda_m$

d = ainekerroksen paksuus

λ = lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo

Pintavastuksina käytetään Suomen rakentamismääräyskokoelman C4 taulukko 2 mukaisia sisä- ja ulkopuolisen pintavastuksen R_{si} ja R_{se} arvoja, jossa sisäpuolinen pintavastus vaakasuoraan on 0,13 ja ulkopuolinen pintavastus vaakasuoraan on 0,04 m²K/W.

Kun rakennusosa on epätasa-aineinen, niin kuin esim. puurankainen seinä on, lasketaan epätasa-aineisen ainekerroksen j lämmönvastus R_j kaavalla:

$$1 / R_j = f_a / R_{aj} + f_b / R_{bj} + \dots + f_n / R_{nj}$$

jossa

f_a, f_b, \dots, f_n = epätasa-aineisessa ainekerroksessa j olevan tasa-aineisen osa-alueen a, b, \dots, n suhteellinen osuus ainekerroksen kokonaispinta-alasta

$R_{aj}, R_{bj}, \dots, R_{nj}$ = epätasa-aineisessa kerroksessa j olevan tasa-aineisen osan-alueen a, b, \dots, n lämmönvastus, jossa $R_{aj} = d_j / \lambda_{aj}$, $R_{bj} = d_j / \lambda_{bj}$, \dots $R_{nj} = d_j / \lambda_n$

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$, = ainekerroksen 1, 2, \dots, n lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvo, esim. normaalin lämmönjohtavuus.

6.4 Rakenteissa vaadittava lämmönläpäisykerroin

Ympäristöministeriön uudet energiamääräykset tulivat voimaan vuoden 2010 alussa. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C4 mukaan lämpimän tilan rakennusosien on nyt täytettävä seuraavat U-arvo vaatimukset:

seinä	0,17 W/m ² K
hirsiseinä	0,40 W/m ² K
yläpohja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 W/m ² K
ryömintätilaan rajoittuva alapohja	0,17 W/m ² K
maata vastaan oleva rakennusosa	0,16 W/m ² K
ikkuna, kattoikkuna, ovi	1,0 W/m ² K

Määräyksiä tiukennettiin edellisistä vuoden 2003 määräyksistä noin 30 % ja uudet määräykset vuoden 2012 alussa tiukentavat niitä edelleen n. 20 %, kun siirrytään kokonaisenergiankulutuksen tarkasteluun ja primäärienergiakertoimien käyttöön.

Hirsiseinälle (paksuus vähintään 180 mm) on annettu oma lämmönläpäisykerroin vaatimus 0,40 W/m²K turvaamaan perinteistä hirsirakentamista, mutta lievennys on voimassa vain 2012 asti. (ril.fi).

6.5 Tutkimuskohde

Tutkimuksessa laskettiin massiivihirsiseinälle sekä Sami-talon SamiX-lämpöhirsiseinälle lämmön siirtyminen seinärakenteen läpi vuoden aikana. Siirtynyt lämpöenergian määrä muutettiin sähkönkulutuksen kautta euroiksi, jotta saadut eroavaisuudet lämmönsiirtymisen kustannuksista tulivat konkreettisemmin esille. Hirsiseinätyypiksi valittiin omakotitalon seinärakenteena myytävä 207 mm:n lamellihirsi.

Tutkittavassa kohteessa Sami-talon seinän U-arvon laskennassa on käytetty 7 %:n keskimääräistä rankaosuutta. Seinän laskennallinen U-arvo on $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Rakennuskohteena oli Karelment Oy:n toimittama loma-asunto Tampereen Kämmenniemeen keväällä 2010. Rakennuskohteesta laskettiin seinien pinta-alat autocad -kuvista todellisten mittojen mukaan. Laskelmiin ei otettu mukaan päätykolmioiden alaa, koska ne rakennetaan nykyisin pääsääntöisesti painumisongelmien takia myös hirsirakennuksissa pystyrunkoisina eikä hirsistä. Eli seinäpinta-ala laskettiin tasakertaan saakka. Lisäksi seinäneliöiden laskennassa huomioitiin aukot piirustuksien mukaisesti (liite 1).

Seinäpinta-alaksi saatiin yhteensä $111,9 \text{ m}^2$, josta vähennettiin aukkojen pinta-ala $18,51 \text{ m}^2$, joten laskennassa käytettävän pinta-alan määräksi jäi $93,39 \text{ m}^2$.

Lasketaan massiivihirrelle 270 mm U-arvo:

$$d_1 = 270 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 0,12 \text{ W/mK}$$

$$R_1 = d_1 / \lambda_1$$

$$R_1 = 0,270 \text{ m} / 0,12 \text{ W/mK} = 2,25 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{Sisä- ja ulkopintavastuksien } R_{si} \text{ ja } R_{se} \text{ arvot - } R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\text{ja } R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}.$$

$$\text{Kokonaislämmönvastus } R_T = 2,25 \text{ m}^2\text{K/W} + 0,13 \text{ m}^2\text{K/W} + 0,04 \text{ m}^2\text{K/W} = 2,42 \text{ m}^2\text{K/W}.$$

$$U = 1/R_T, \text{ joten U-arvoksi saadaan } 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Lämpöenergiaa johtuu lämpötilasta T1 olevasta alueesta lämpötilassa T2 olevaan alueeseen. Virtauksen suunta on termodynamiikan 2. pääsäännön mukaan korkeammasta lämpötilasta matalampaan.

6.6 Rakennuksen lämpöhäviön laskenta

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 Rakennusten energiatehokkuus Määräykset ja ohjeet 2010 määrittelee rakennuksen lämpöhäviöksi vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlasketun lämpöhäviön.

Vaipan lämpöhäviö lasketaan yhtälön (1) mukaan

$$\sum H_{\text{joht}} = \sum(U_{\text{ulkoseinä}} A_{\text{ulkoseinä}}) + \sum(U_{\text{yläpohja}} A_{\text{yläpohja}}) + \sum(U_{\text{alapohja}} A_{\text{alapohja}}) + \sum(U_{\text{ikkuna}} A_{\text{ikkuna}}) + \sum(U_{\text{ovi}} A_{\text{ovi}}),$$

jossa

$\sum H_{\text{joht}}$ rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K

U rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/m²K

A rakennusosan pinta-ala, m².

Rakennuksen yläpohja, alapohja, päätykolmiot ja ikkunat tai ovet voivat olla molemmissa tutkittavissa seinärakenteissa samat, joten niiden vaikutusta ei otettu tutkimuksessa huomioon.

Koska tutkimuksessa ei mitattu rakennuksen vuotoilman lämpöhäviön laskentaan tarvittavaa vuotoilmakerrointa $n_{\text{vuotoilma}}$, vaan molemmissa seinärakenteissa käytettäisiin samaa arvoa 0,16 l/h, ei ole syytä ottaa myöskään tätä vaikuttamatonta tekijää mukaan laskentaan.

Myös ilmanvaihdon lämpöhäviö on riippumaton seinärakenteesta, joten sekin jätettiin huomioimatta.

Laskettiin lämpöhäviö ulkoseinän puurakenteiselle osalle seuraavasti:

$$\sum H_{\text{joht}} = \sum(U_{\text{ulkoseinä}} A_{\text{ulkoseinä}})$$

Hirsiseinälle 270 mm saadaan arvoksi $0,41 \text{ W/m}^2\text{K} \times 93,39 \text{ m}^2 = 38,29 \text{ W/K}$.

SamiX-lämpöhirrelle vastaavasti $0,18 \text{ W/m}^2\text{K} \times 93,39 \text{ m}^2 = 16,81 \text{ W/K}$.

6.7 Rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia

Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta ohjeet 2007 (Suomen rakentamismääräyskokoelma D5) mukaan voidaan laskea rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia kaavalla

$$Q_{\text{joht}} = \sum H_{\text{joht}} (T_s - T_u) \Delta t / 1000,$$

jossa

Q_{joht} rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, kWh

T_s sisäilman lämpötila, °C

T_u ulkoilman lämpötila, °C

Δt ajanjakson pituus, h

1000 kerroin, jolla suoritetaan laatumuutos kilowattitunneiksi.

Alla olevaan taulukkoon on laskettu rakenteiden läpi johtuva lämpöenergian Q_{joht} määrä sekä hirsiseinälle että lämpöhirsiseinälle (taulukko 2).

	Ulkoilman keskilämpötila, °C	Sisäilman lämpötila, °C	$T_s - T_u$	Δt , h	$\Delta t/1000$	ΣH_{joht} hirsiseinä 270 mm, W/K	$\Sigma H_{\text{joht SamiX}}$, W/K	Q_{joht} hirsiseinä 270mm, kWh	$Q_{\text{joht SamiX}}$, kWh
tammikuu	-10,60	21,00	31,60	744	0,744	38,29	16,81	900,21	395,21
helmikuu	-12,20	21,00	33,20	672	0,672	38,29	16,81	854,27	375,04
maaliskuu	-2,58	21,00	23,58	744	0,744	38,29	16,81	671,74	294,91
huhtikuu	0,20	21,00	20,80	720	0,72	38,29	16,81	573,43	251,75
toukokuu	10,30	21,00	10,70	744	0,744	38,29	16,81	304,82	133,82
kesäkuu	14,90	21,00	6,10	720	0,72	38,29	16,81	168,17	73,83
heinäkuu	15,00	21,00	6,00	744	0,744	38,29	16,81	170,93	75,04
elokuu	14,80	21,00	6,20	744	0,744	38,29	16,81	176,62	77,54
syyskuu	7,97	21,00	13,03	720	0,72	38,29	16,81	359,22	157,70
lokakuu	1,73	21,00	19,27	744	0,744	38,29	16,81	548,96	241,00
marraskuu	-0,59	21,00	21,59	720	0,72	38,29	16,81	595,21	261,31
joulukuu	-6,90	21,00	27,90	744	0,744	38,29	16,81	794,81	348,94
								6118,39	2686,08

Laskennassa käytettiin Jyväskylässä mitattuja ulkoilman keskilämpötiloja vuonna 1979 (taulukko 3) (Suomen rakentamismääräyskokoelma D5)

<i>Taulukko L1.4. Säättiedot kuukausittain säävyöhykkeellä III. Jyväskylä, 1979.</i>			
Kuukausi	Ulkoilman keskilämpötila, T_u , °C	Auringon kokonaissäteilyenergia vaakatasolle, $G_{\text{säteily, vaakapinta}}$, kWh/m ²	Normitukseen käytettävä lämmitystarveluku, S17, Kd
Tammikuu	-10,6	5,7	856
Helmikuu	-12,2	23,3	816
Maaliskuu	-2,58	47,3	607
Huhtikuu	0,20	93,4	504
Toukokuu	10,3	147,1	183
Kesäkuu	14,9	171,4	8
Heinäkuu	15,0	138,4	0
Elokuu	14,8	116,4	18
Syyskuu	7,97	61,4	264
Lokakuu	1,73	26,6	473
Marraskuu	-0,59	5,5	528
Joulukuu	-6,90	2,8	741
Koko vuosi	2,76	839	4 997

Tilastokeskuksen sivuilta saadaan sähkön keskivertohinta 1.9.2009 veroineen ja siirtomaksuineen 12,43 centtiä/ kWh pientalossa asuvalle. (Tilastokeskus).

Hirsiseinän 270 mm läpi johtuvan energian määrällä 6118,39 kWh kustannukset ovat sähköllä tuotettuna 760,52 €

Vastaavasti SamiX-lämpöhirsiseinän läpi johtuvan energian määrällä 2686,08 kWh kustannukset ovat 333,88 €

Vuositasolla energiaan menevän euromäärän erotus on siten 426,64 €

7 Kosteuskäyttäytyminen SamiX-seinärakenteessa

7.1 Ilman kosteus

Ilma sisältää aina jonkin verran vesihöyryä. Ilman sisältämä vesihöyryn määrä grammoina ilmakeuutiometriä kohti ilmoittaa ilman absoluuttisen kosteuden. Mitä lämpimämpää ilma on, sitä enemmän se voi sisältää vesihöyryä.

Suhteellinen kosteus (RH) on enemmän käytetty suure ja se ilmoittaa prosentteina tietynlämpöisen ilman sisältämän vesihöyryn määrän enimmäisvesihöyrymäärästä, jonka sen lämpöinen ilma voi sisältää.

Vesihöyry tiivistyy vedeksi, kun suurin mahdollinen ilman sisältämä vesihöyrymäärä ylittyy. Näin voi käydä myös seinärakenteissa, jos ilman kosteus lisääntyy riittävästi tai, jos ilman lämpötila laskee. Rakenteissa vesihöyry tiivistyy aina ympäröivää ilmaa kylmemmälle pinnalle. Keskimäärin ulkoilman suhteellinen kosteus on 85 % ja sisällä vaihteluvälillä 20 – 40 % riippuen siitä, onko meneillään lämmityskausi vai ei.

7.2 Kosteuden siirtyminen rakenteisiin

Ilman sisältämä kosteus siirtyy rakenteisiin joko vesihöyryn osapaine-eron aikaansaaman diffuusion avulla tai rakenteen eri puolilla olevan ilmapaine-eron aiheuttaman ilmavirtauksen kuljettamana. Ilma virtaa aina alenevan kokonaispaineen suuntaan. Rakenteiden toiminnan kannalta suurin merkitys on talvella rakojen, halkeamien tai reikien läpi sisältä ulos ilmanpaine-erojen vaikutuksesta tapahtuvilla ilmavirtauksilla.

7.3 Vesihöyryn läpäisevyys ja vesihöyryn vastus

Vesihöyryn läpäisevyys on aineen ominaisuus päästää lävitseen vesihöyryä. Mitä suurempi on aineen vesihöyrynläpäisevyys, sitä helpommin vesihöyry voi siirtyä diffuusion välityksellä. Sen sijaan vesihöyryn vastus kuvaa vesihöyryn virtausta vastustavaa ominaisuutta.

Kun määritellään diffuusiokosteuden mahdollista tiivistymistä rakenteessa, täytyy tuntea rakenteen eri osien lämpötilat, eri ainekerrosten vesihöyrynvastukset, lämpötiloja vastaavat kyllästymispaineet ja suhteellinen kosteus seinämän molemmilla puolilla. Vesihöyry diffusoituu seinämän läpi kohti sitä seinämän pintaa, jossa vesihöyryn osapaine on pienin eli vesihöyryn osuus ilman kokonaispaineesta on pienin.

Seuraavaksi tutkittiin SamiX-seinärakenteessa vesihöyryn kulkeutumista ja vesihöyryn osapaineita, kun sisätilan lämpötila on + 21 °C ja suhteellinen kosteus 30 %, ulkoilman lämpötilaksi valittiin -15 °C ja suhteelliseksi kosteudeksi 85 %.

Käytettyjä mitoitusarvoja löytyy kirjasta RIL 107 - 2000 sekä tuotetoimittajien nettisivuilta (taulukko 4) (Raimo Koreasalo).

Taulukko 9. Ilman ominaisuuksia normaali ilmakehän paineessa 101325 Pa

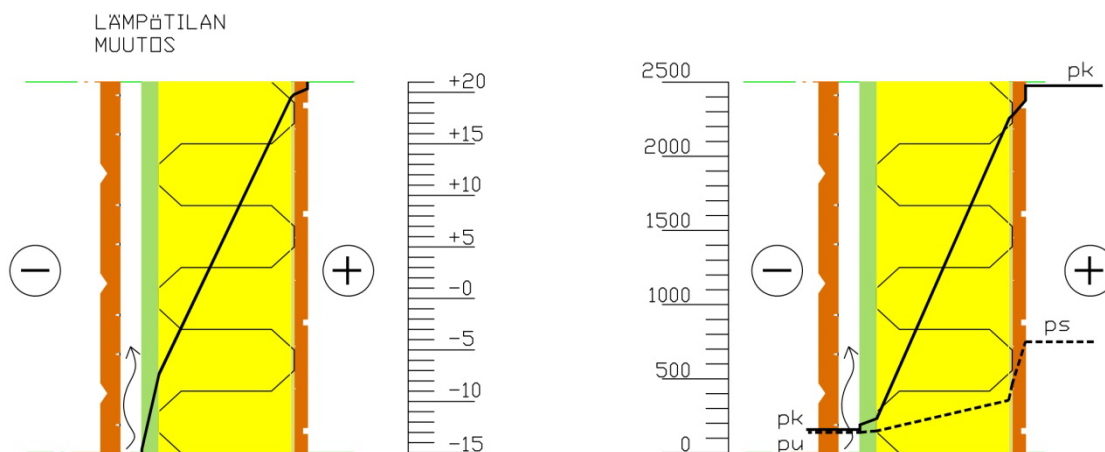
t °C	v _s g/m ³	p _s Pa	t °C	v _s g/m ³	p _s Pa	t °C	v _s g/m ³	p _s Pa
-20	0,87	102	14	12,10	1692	46	75,67	11207
-19	0,95	111	15	12,86	1708	49	79,33	11786
-18	1,04	122	16	13,65	1820	50	83,14	12390
-17	1,14	135	17	14,49	1939	51	87,10	13020
-16	1,25	149	18	15,37	2064	52	91,21	13677
-15	1,38	164	19	16,30	2197	53	95,48	14362
-14	1,52	181	20	17,28	2337	54	99,92	15075
-13	1,67	200	21	18,31	2484	55	104,5	15818
-12	1,83	221	22	19,40	2640	56	109,3	16592
-11	2,01	242	23	20,54	2805	57	114,2	17397
-10	2,20	266	24	21,74	2979	58	119,4	18234
-9	2,40	292	25	23,00	3162	59	124,7	19105
-8	2,61	319	26	24,32	3355	60	130,2	20010
-7	2,84	348	27	25,71	3559	61	135,9	20951
-6	3,08	379	28	27,17	3773	62	141,9	21928
-5	3,33	412	29	28,70	3999	63	143,0	22943
-4	3,60	447	30	30,31	4237	64	154,3	23997
-3	3,89	485	31	31,99	4487	65	160,9	25090
-2	4,19	524	32	33,75	4750	66	167,7	26224
-1	4,51	566	33	35,60	5027	67	174,7	27401
0	4,85	611	34	37,54	5317	68	181,9	28620
1	5,21	658	35	39,56	5622	69	189,4	29884
2	5,58	708	36	41,68	5940	70	197,1	31194
3	5,98	762	37	43,89	6278	71	205,1	32551
4	6,40	818	38	46,21	6631	72	213,3	33956
5	6,84	878	39	48,63	7000	73	221,8	35410
6	7,31	941	40	51,16	7388	74	230,6	36915
7	7,80	1008	41	53,79	7793	75	239,6	38471
8	8,32	1079	42	56,54	8218	76	248,9	40082
9	8,87	1154	43	59,41	8663	77	258,5	41747
10	9,45	1234	44	62,40	9127	78	268,4	43468
11	10,06	1318	45	65,52	9614	79	278,6	45247
12	10,71	1408	46	68,77	10122	80	289,1	47084
13	11,38	1502	47	72,15	10653			

Tulokset kerättiin Excel-taulukkoon (taulukko 5).

Ulkoilman vesihöyrymäärä: $v_u = 0,85 * 1,38 = 1,173\text{g/m}^3$												
Sisäilman vesihöyrymäärä: $v_s = 0,3 * 18,31 = 5,493\text{g/m}^3$												
RH _u = 85 %												
RH _s = 30 %												
$p_s = 0,3 * 2484 = 745,2 \text{ Pa}$						$t_s = +21 \text{ °C}$						
$p_u = 0,85 * 164 = 139,4 \text{ Pa}$						$t_u = -15 \text{ °C}$						
$p_s - p_u = 605,8$			$(t_s - t_u) = 36$									
$\Delta p_i = (Z_i/Z_T) * (p_s - p_u)$						$\Delta t = (R_i/R_T) * (t_s - t_u)$						
Aine	d(m)	λ (W/mK)	R _i	R _i /R _T	Δt	t	pk	Z _i	Z _i /Z _k	Δp _i	p _i (Pa)	RH (-)
					21,00	21,00	2484			745	745,2	0,3
R _i			0,130	0,019	0,70							
						20,30	2381				745,2	0,31
paneeli	0,019	0,14	0,136	0,020	0,73			6,25E+10	0,428	259,3		
						19,57	2281				485,9	0,21
muovi	0	1	0,020	0,003	0,11			3,30E+10	0,226	136,9		
						19,46	2267				348,9	0,15
eriste	0,2	0,034	5,882	0,879	31,66			5,00E+10	0,342	207,5		
						-12,20	225				141,5	0,63
tuulensuoja	0,025	0,052	0,481	0,072	2,59			5,00E+08	0,003	2,1		
						-14,78	195				139,4	0,71
R _{se}			0,04	0,006	0,215							
						-15,00	164				139,4	0,85
			R _T	6,689	1							
						36,00	Z _k	1,5E+11	1		605,8	

Tuloksista voidaan päätellä, ettei vettä tiivisty rakenteeseen, koska vesihöyryn osapaine (p_i) pysyy koko ajan kyllästyspainetta (p_k) pienempänä.

Havainnollinen kuva, jossa kyllästyspainetta on piirretty yhtenäisellä viivalla ja vesihöyryn osapaine rakenteessa katkoviivalla. Lämpötilan muuttumista seinärakenteesta on kuvattu kuviossa vasemmalla (kuvio 10).



8 Työturvallisuus suurelementtiasennuksissa

Rakennusala on selkeästi vaarallisin toimiala Suomessa ja alan työtapaturmataajuus on 2000-luvulla vaihdellut välillä 73 - 83 työtapaturmaa miljoonaa työtuntia kohden.

(vtt.fi).

Rakennustyö on fyysisesti raskasta, siihen sisältyy käsin ja koneella tehtäviä nostoja ja siirtoja, kannattelua ja hankalia työasentoja. Altistumista työtapaturmille lisäävät myös huonot työskentelyolosuhteet, riskinotto, kiire ja heikko turvallisuuskulttuuri.

Rakentamisessa työpaikkatapaturmien yleisimmät vahingoittumista edeltävät tapahtumat olivat ESAW -tilastoinnissa vuodelta 2002 putoaminen, hyppääminen, kaatuminen ja liukastuminen, terävään esineeseen astuminen, takertuminen ja itsensä kolhiminen sekä henkilön äkillinen fyysinen kuormittuminen. Keskimäärin rakennusalalla tapahtuu 10 kuolemaan johtavaa työpaikkatapaturmaa vuosittain.

Tässä opinnäytetyössä ei keskitytä kaikkiin työturvallisuutta koskettaviin tapaturmavaaroihin rakentamisen aikana, vaan pääosin käsitellään suurelementtien nostotyöhön ja asennukseen sekä kattorakenteiden asennukseen liittyviä riskejä.

8.1 Osapuolten turvallisuusvelvoitteet

Pientalon rakennuttaja on harvoin rakentamisen ammattilainen, joten hankkeen turvallisuusvelvoitteet voivat olla hänelle epäselviä. Erityisesti ongelmatilanteita aiheuttavat usein pienet rakennustyöt, joista ei edes tehdä kirjallisia sopimuksia. Pientalohankkeen turvallinen läpivieminen edellyttää kuitenkin, että kaikki osapuolet ymmärtävät turvallisuusvelvoitteensa ja noudattavat niitä. Kaikkien hankkeeseen osallistuvien tahojen tulee panostaa rakennustyön turvallisuuteen.

Pientalohankkeen läpiviemiseen osallistuvien eri osapuolien turvallisuusvelvoitteet määräytyvät työturvallisuussäännösten mm. Valtioneuvoston päätös rakennustyön turvallisuudesta, VNp 629/1994 mukaan.

Pientalorakentamisessa tyypillistä on, että kukin osapuoli hoitaa pienen osan koko prosessista, jolloin turvallisuusvastuut toimijoiden rajapinnoissa saattavat olla epäselviä. Lisäksi osapuolten työturvallisuusvelvoitteet vaihtelevat eri toteutusmuotojen ja sopimussuhteiden mukaan.

8.1.1 Päätoteuttajan ja rakennuttajan velvoitteet

Rakennushankkeessa täytyy olla nimetty päätoteuttaja ja yleensä pientaloprojektissa päätoteuttaja on rakennuttaja itse. Työmaan turvallisuudesta päävastuu on päätoteuttajalla. Siten vastuu pientalorakennustyömaan turvallisuusjohtamisesta, -suunnittelusta ja -seurannasta on henkilöllä, joka on harvoin rakentamisen ammattilainen ja selvillä rakennushankkeeseen liittyvistä turvallisuusvelvoitteista. Jollei näitä turvallisuusvelvoitteita ole siirretty sopimuksilla esim. ammattitaitoiselle ja vastuuntuntoiselle vastaavalle työnjohtajalle, jää mm. tärkeä turvallisuussuunnittelun asiakirja, rakennustyön turvallisuussuunnitelma tekemättä.

Rakennuttajan tärkein tehtävä on ohjata koko rakennushanketta. Rakennustyön aikana tämä tarkoittaa työturvallisuuden kannalta sitä, että rakennuttaja varmistaa vastaavan työnjohtajan ottavan työmaalla huomioon työturvallisuusnäkökohdat, ja että urakoitsijoilla on työturvallisuudesta vastaava henkilö. Rakennuttajalla on velvollisuus laatia turvallisuussuunnitelma.

Rakennuttaja voi omilla toimillaan vaikuttaa koko rakennusprojektin turvallisuuteen. Hän pystyy parhaiten vaikuttamaan rakennusprojektin turvallisuustoiminnan tasoon ja asettamaan toiminnalle turvallisuustavoitteet. Rakennuttaja ja päätoteuttaja voivat yhteistyössä asettaa työmaan turvallisuudelle selkeät tavoitteet, joihin myös käytännön toimenpitein pyritään. Tavoitteena pitäisi olla ”nolla tapaturmaa” ja toimintatapana ”turvallisuus on aina ensin”.

8.1.2 Suunnittelijan ja urakoitsijan velvoitteet

Rakennushankkeeseen ryhtyvä palkkaa hankkeeseen pääsuunnittelijan, jonka tehtäväksi turvallisuusasiakirjan laadinta voidaan sopia. Hän on koordinoija, joka kokoaa tiedot

yhteen ja varmistaa suunnitelmien yhteensopivuuden ja ottaa suunnittelussa huomioon työturvallisuuden.

Rakennushankkeeseen ryhtyvä päätoteuttaja voi myös olla pääurakoitsijana, ainakin osan aikaa projektin kuluessa. Siten hänen velvollisuutena ovat mm. työmaa-alueen suunnittelu, työmaan turvallisuuden yleisjohto, perehdyttämisestä vastaaminen, jätehuollon järjestäminen ja tiedottaminen muille urakoitsijoille.

8.1.3 Vastaavan työnjohtajan turvallisuusvelvoitteet

Suomen maankäyttö ja rakennuslaissa vaaditaan lupaa tai muuta viranomaishyväksyntää edellyttävissä rakennustöissä nimeämään vastaava työnjohtaja. Kunnan rakennusvalvontaviranomaisen hyväksymän vastaavan työnjohtajan päätehtävänä on että, rakennustyö suoritetaan myönnetyn luvan mukaisesti ja siinä noudatetaan rakentamista koskevia säännöksiä ja määräyksiä, mutta yhtenä tärkeänä tehtävänä on myös huolehtia pientalotyömaan työturvallisuusvelvoitteiden toteutumisesta. Joissakin kunnissa työnjohtajahakemuksessa mainitaan erikseen, sisältyykö vastaavan työnjohtajan velvollisuuksiin työturvallisuus vai ei.

Maankäyttö- ja rakennuslain uudistuksessa laajennettiin vastaavan työnjohtajan tehtäviä ja vastuita. Uuden lain mukaan vastaava työnjohtaja voi toimia myös pääsuunnittelijan tehtävissä omakotityömaalla. Pientalotyömailla ei vastaava työnjohtaja yleensä ole koko ajan paikalla ja työturvallisuuden valvontaa voidaan siirtää rakennuttajalle tai hänen nimeämälle työmaan vastuuhenkilölle.

Kun vastaava työnjohtaja on nimetty päätoteuttajan vastuuhenkilöksi, hän voi sopimusten mukaan esim. vastata seuraavista tehtävistä:

- laatia turvallisuusasiakirjan
- tehdä turvallisuussuunnittelun
- laatia työmaasuunnitelman
- tehdä säännölliset työmaan kunnossapitotarkastukset ja turvallisuusseurantaa
- hoitaa työntekijöiden perehdyttämisen.

Pientalotyömaan vastaavan työnjohtajan tehtävät ovat tosiasiaassa paljon laajemmat, mitä yleensä tiedostetaan. Näin ollen kannattaakin harkita tarkkaan vastaavan työnjohtajaa valittaessa, onko hänellä halua, resursseja ja mahdollisuuksia hoitaa työ kunnolla. Hyvin hoidettuna pientalorakentamisessa työ vaatii noin kuukauden työtunnit. (Virtual,vt.fi)

8.1.4 Työntekijän velvollisuudet

Työntekijän velvollisuutena on noudattaa annettuja ohjeita. Työntekijä huolehtii omasta turvallisuudestaan, mutta myös kaikkien muiden turvallisuudesta, joihin hänen työnsä vaikuttaa. Työntekijän on käytettävä työhön määrättyjä henkilösuojaimia ja hänen on työssään noudatettava järjestystä ja siisteyttä sekä huolellisuutta että varovaisuutta.

Työntekijän velvollisuuksiin kuuluu havaittujen turvallisuutta vaarantavien vikojen ja puutteellisuuksien poistaminen, jos se on mahdollista. Havaituista vioista ja puutteellisuuksista tulee ilmoittaa esimiehelle.

Työntekijä ei saa poistaa tai kytkeä pois päältä turvallisuus- tai suojalaitteita eikä poistaa ohje- tai varoitusmerkintöjä.

Työntekijällä on oikeus pidättäytyä työstä, jos siitä aiheutuu vakavaa vaaraa omalle tai muiden työntekijöiden hengelle tai terveydelle.

8.2 Suurelementtien asentamisen keskeiset vaaratekijät ja niiden torjunta

Pientalojen rakentamisessa esiintyy kaikkia samoja yleisiä rakennusalan työturvallisuusvaaroja kuin muissakin rakennustyypeissä, mutta osittain sillä on myös omia erityispiirteitä, joista aiheutuu turvallisuusriskejä tavallista enemmän. Niitä ovat mm. että,

- työmaalla voidaan työskennellä yksin
- valvovaa työnjohtoa ei ole paikalla
- tehtäväsuunnitelmia ei tehdä ja työt viedään improvisoiden läpi
- olosuhteet voivat olla huonot esim. on pimeää, kylmää ja liukasta

- toteuttaja tekee itse tai tehdään talkoilla eli tekijät eivät ole ammattilaisia
- työmaan siisteydestä ei huolehdita
- pientyömaata ei tarvitse ilmoittaa työsuojelupiirille, joten valvontaa ei ole
- henkilökohtaisia turvavälineitä ja -suojaimia ei käytetä
- työvälineet eivät ole kunnossa tai tarkoitukseen sopivia.

Jokainen rakennushanke ja -työmaa on erilainen ja olosuhteet, työntekijät ja työmenetelmät vaihtuvat. Riskit kasvavat uudessa ympäristössä, mutta riskien toteutumista voidaan ehkäistä arvioimalla riskit ja varautumalla riskeihin sekä valitsemalla turvalliset toimintamallit.

Rakennustyömaalle on ominaista, että olosuhteet muuttuvat nopeasti. Lisäksi rakennustyötä tehdään sään armoilla. Esim. vesikattotyö sisältää hyvin erilaisia vaaroja kesällä ja talvella tai sadesäällä kuin kuivana kesäpäivänä.

8.2.1 Nostotyön vaaratekijät

Puuelementtinostoissa on samat turvallisuusriskit ja -ohjeet kuin betonielementtienkin nostoissa, kuitenkin sillä erotuksella, että puuelementit ovat kevyempiä painoltaan.

Nostot tulisi suunnitella aina huolellisesti ja tehdä työstä asennussuunnitelma, missä elementtien asennusjärjestys, väliaikaiset tuennat ja tarvittavat välineet suunniteltaisiin. Ennen nostoa on varmistettava nostolaitteiden ja -apuvälineiden suurin sallittu kuormitus, joka on merkitty laitteeseen. Nostettavan kappaleen paino ja painopiste tulee tarkistaa ennen nostoa ja taakka kiinnitettävä huolella ja asianmukaisesti. Taakan kiinnityksessä on varmistettava, ettei taakka leikkaa nostoliinaa tai raksia. Taakkaa ei saa nostaa henkilöiden yli eikä taakan alta saa kulkea.

Nostokoneen kuljettajalla tulee olla kyseisen nostokonetypin kuljettajan kortti ja nostolaitteet ja -apuvälineet tulee tarkastaa vuoden välein. Tarkastusmerkintä löytyy apuvälineestä tai laitteesta. Nostovaijereiden, -ketjujen, -hihnojen ja ohjausköysien kuntoon on kiinnitettävä jatkuvasti huomiota. Nosturinkuljettajalla ja asentajilla tulee olla näkö- tai radioyhteys. Nostoja ohjataan käsimerkein, jotka kuljettajan ja merkinantajan on tunnettava. Elementtien siirroissa käytetään tarvittaessa ohjausköyttä.

Ennen työn aloitusta varmistetaan, että rakennustyömaan ajotiet, purkaus- ja lastauspaikat ovat kantavuudeltaan ja leveydeltään käytettävän kuljetuskaluston vaatimusten mukaisia.

Huolehditaan asennuspaikan yleisestä järjestyksestä, ylimääräisten rakennusaineiden ja työkalujen poistamisesta ja rakennusjätteiden siivoamisesta asennuspaikalta.

Ongelmana pientalojen elementtien asennustyössä on kiire, jonka suurimpana aiheuttajana on nosturista aiheutuvat kustannukset, joita pidetään korkeina ja nostotyön ajallista kestoa pyritään siten minimoimaan työturvallisuudenkin kustannuksella. Lisäksi nostoja tehdään sopimattomalla kalustolla joko tietämättömyyden tai kustannusten säästämisen takia. Kaluston hankinnassa vähän ylimitoitettu kalusto on parempi kuin liian pieni.

Pientalorakennustyömaalle nosturi tulee elementtiasennustyöhön samaan aikaan kuin talopakettikin eikä nostotyön suunnitteluun jää riittävästi aikaa. Olosuhteet ovat aina erilaiset ja yleensä tontilla olevat tilat rajoittavat huomattavasti nosturin sijoittamista, varsinkin vapaa-ajantonteilla. Lisäksi nostot aloitetaan aina varhain aamulla, jolloin Suomen olosuhteissa on usein pimeää ja vaaran paikkoja on vaikeampi havaita.

8.2.2 Erityistilanteet

Vapaa-ajantalons elementtitoimituksissa joudutaan joskus erityistilanteisiin, kun yhdistelmä ajoneuvolla ei päästä rakennettavalle tontille, vaan elementit täytyy juontaa. Lastaus rekasta ja uudelleen lastaus pienempään kulkuneuvoon täytyy suunnitella erityisen huolella, ja suunnittelussa kannattaa käyttää asiantuntija-apua.

Juontamiseen liittyvät omat turvallisuusriskit ja tässä varmaan pätee sanonta ”kaikkea voi sattua”. Tapaturma-alttiita työvaiheita tai onnettomuuden aiheuttajia voivat olla esim. seuraavat:

- Nosturi nostaa elementin kuljetusta jatkavaan ajoneuvoon, mutta elementti kaatuu, koska ko. ajoneuvo ei ole suunniteltu elementtikuljetuksille

- elementit nostetaan niihin asennetuista nostorakseista. Raksit täytyy irrottaa elementin yläosasta kuormalavalla. Tikkaat ovat mahdollinen apuväline, mutta kuinka turvalliset?
- elementit ovat pitkiä, jopa 9 metriä, joten ne ovat pidempiä kuin tavallinen kuorma-auton lava ja siten elementin painopiste voi jäädä lavan ulkopuolelle
- sormien jääminen elementtien väliin on hyvin tavallista, kun ahdetaan elementtejä tiukkaan kuormaan
- jalkaterät jäävät myös helposti raskaan sahatavaranipun alle, kun nippua ohjataan paikoilleen pienissä tiloissa
- pienet epämääräiset ”nyssäkät” ovat vaikeita nostettavia, kun niissä ei ole nostolenkkejä, nostojen määrä lisää niiden riskejä hajota nostettaessa
- yleensä noissa tilanteissa on väkeä katsomassa ja aina joku sattuu alle, jos jokin putoaa
- yksityisellä työmaalla voi olla lapsia, joita ei ehditä valvoa.

8.2.3 Elementin asennuksen vaaratekijät

Elementti nostetaan sille tarkoin mitoitettuun kohtaan ja kiinnitetään väliaikaisesti vinoituilla. Pientalotyömaalla elementtien asennustyö ei yleensä nouse kovin korkealle, mutta siitä huolimatta työvaiheissa tarvitaan telineitä, nojatikkaita ja A-tikkaita, joiden kuntoon, käyttöön ja asennukseen tulee kiinnittää huomiota.

Kun elementti tuetaan väliaikaisesti vinoituilla, tukien määrän tulee olla riittävä, vähintään kaksi elementtiä kohti, usein enemmän. Elementti tuetaan yläreunastaan ja tuki kiinnitetään alapäästään pohjalaattaan tai muuhun kiinteään rakenteeseen. Elementtiä ei irroteta nostolenkeistä ennen kuin se on tuettu.

Asennuksen tarvittavat nojatikkaat eivät ole työalustoja ja niitä saa käyttää vain tilapäiseen, lyhytaikaiseen ja kertaluontoiseen työhön. Tällaista lyhytaikaista työtä on elementtiasennuksessa esim. nostolenkkien irrotus. Nojatikkaiden suurin sallittu pituus on 6 metriä. Tikkaat täytyy asettaa tasaiselle, painumattomalle alustalle ja varmistettava, etteivät ne pääse kaatumaan. Nojatikkaiden asettamiskulma ei saa olla liian jyrkkä eikä liian loiva, 68 – 75 astetta olisi hyvä. Lisäksi tikkaiden tulee ulottua noin metri katto-

pinnan yläpuolelle. Kurottelu sivuille voi johtaa tikkaiden kaatumiseen tai luistamiseen sivusuuntaan.

Asennustyössä käytettävät työtelineet ja siirrettävät telineet tulee pystyttää telineohjeen mukaisesti. Pystytyksessä tulee ottaa huomioon alustan kaltevuus ja kantavuus, jäykistys, kuormitukset ja nousutiet sekä ankkurointi.

Tapaturmat aiheutuvat usein työtason siirtymisestä pois tukien päältä, ja siksi työtasot on lukittava telineen rakenteeseen. Telineiden työtasot on varustettava suojakaiteilla, kun työtason korkeus on yli 2 metriä. Suojakaiteen pitää olla vähintään 1 metrin korkuinen ja siinä on oltava väljohde ja jalkalista.

Siirrettävän telineen suurin korkeus on kolme kertaa pienin tukileveys. Telineiden pyörät on lukittava työskentelyn ajaksi, eikä työskentelytasolla saa olla siirron aikana henkilöitä.

Telineet tulee purkaa telineohjeen mukaisesti ja purkuvaiheessa tulee kiinnittää huomioita erityisesti putoamissuojaukseen. Purettavia telineiden osia ei saa pudottaa maahan. Telineiden purkuvaiheessa sattuu enemmän tapaturmia kuin pystytysvaiheessa.

Virheellisesti usein kuvitellaan, että vain korkealla voi sattua tapaturma ja vain korkealta pudotessa kuolee, mutta asia ei tutkimuksen mukaan kuitenkaan näin ole. Rakennus- ja asennustyössä vuosina 1985 - 1998 tapahtuneista kuolemaan johtaneista 74 putoamistapaturmasta oli tutkimuksen mukaan yli neljäsosassa putoamiskorkeus ollut alle 3 m. Työtavan valinnassa oli yli puolessa tapauksista ongelmia eli henkilön virheellinen päätös. Putoamistapaturmiin tyypillisesti liittyi hallitsematon liike, horjahdus. Selvästi yleisimmät putoamispaikat olivat kulkutiet ja työnaikaiset telineet sekä katto. (Mäkelä/Kauranen.)

Lumen ja jään aiheuttama liukkaus kulkuteilla, telineillä ja tikkailla on aina otettava huomioon ja pyrittävä poistamaan aina, kun se on mahdollista.

8.3 Kattorakenteiden asennuksen vaaratekijät

Kattotöissä työturvallisuuden kannalta oleellisia asioita ovat putoamissuojaus ja nousutiet. Lisäksi on huomioitava osana työturvallisuutta työn suoritusjärjestys, tavaroiden sijoittelu katolle, työmaan siisteys, rakennukseen johtavien kulkuteiden suojaaminen sekä riittävän turva-alueen varaaminen rakennuksen ympärille.

Yksin työskentelyä kattotöissä tulee välttää, jottei tapaturman sattuessa oltaisi yksin. Jos kuitenkin katolle mennään työskentelemään näissä olosuhteissa, on oltava erityisen varovainen ja ilmoitettava asiasta esim. jollekin lähettyvillä olevalle tai läheiselle ja kerrottava, milloin on tarkoitus tulla takaisin. Myös kännykkää kannattaa pitää mukana jossain käden ulottuvilla, mistä se ei pääse putoamaan. Ensiavun viivästyminen voi olla kohtalokasta esim. sisäisten verenvuotojen takia.

Sääolot tulee ottaa huomioon kattotöiden aikana, koska jäiset, märät tai tuuliset olosuhteet voivat lisätä ihmisten tai materiaalien putoamisen vaaraa.

Putoavat kappaleet (työkalut, rakennustarvikkeet ja -jätteet) voivat aiheuttaa vakavia, jopa kuolemaan johtavia vahinkoja. Katolta ei saa heittää alas mitään. Suojakypärän käyttö on rakennustöissä Valtioneuvoston asetuksella 205/2009 velvoitettu asia, samoin kuin turvajalkineetkin.

8.3.1 Putoamissuojaus

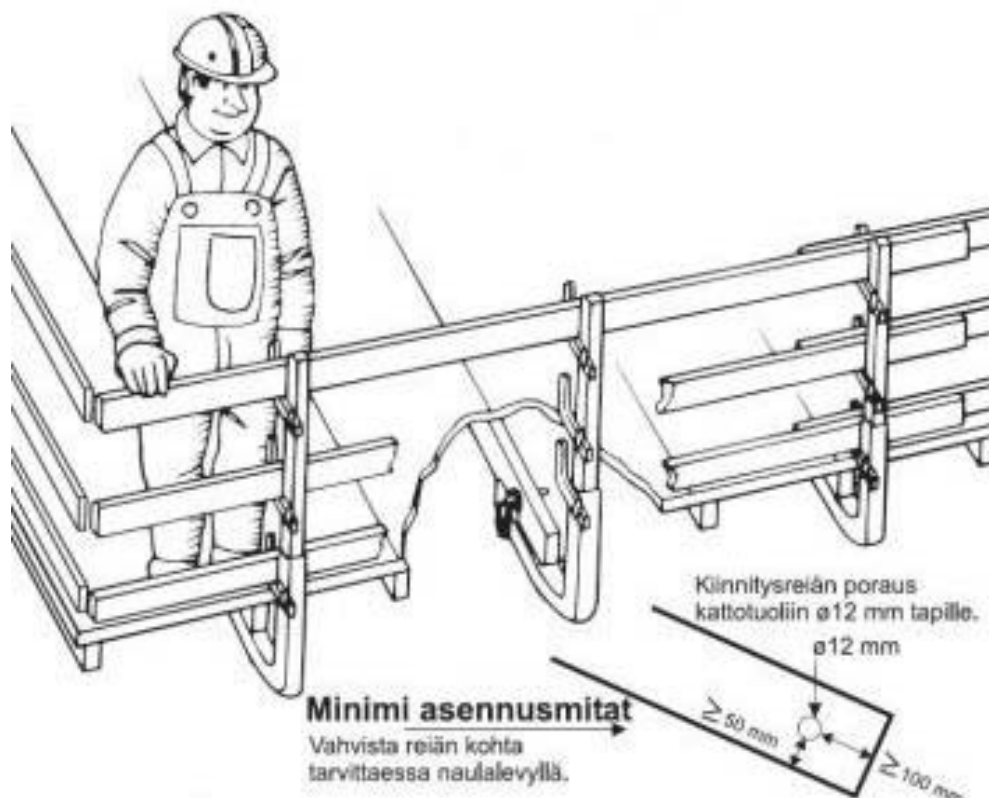
Pääsääntönä pidetään sitä, että reuna-alueille, joista voi pudota, rakennetaan työturvallisuusmääräysten mukaiset kaiteet. Tästä voidaan poiketa, jos vapaata pudotusta on alle kolme metriä ja alla on tasainen maa. Jos alla on vettä, louhikkoa tai muuta vastaavaa on putoamissuojaus tehtävä aina.

Työskentelyaluetta voidaan rajata esim. lippusiimalla, joka estää kulun 1,5 metriä lähemmäksi reuna-aluetta (ei korvaa suojakaiteita) Tarvittaessa on tehtävä myös putoamissuojaussuunnitelma.

Reunasuojusten ja suojakaiteiden on oltava riittävän lujat, niin että ne kestävät ihmisen putoamisen tai kaatumisen niitä vasten. Mitä pidempi ja jyrkempi katon lape on, sitä vahvempi reunasuojuksen (suojakaiteen) on oltava. Suojakaiteen korkeuden ehdoton minimi on 1 metri, mutta suositeltavaa on rakentaa 1,1 metrin kaide.

Jalkalistan tehtävänä on vähentää esineiden putoamisvaaraa työtasoilta ja kulkuteiltä. Jalkalistan vähimmäiskorkeus on 100 mm. Se myös parantaa kaiteen suojaustehoa putoamisen estämiseksi.

Putoamissuojaustarvikkeita on tarjolla joko rakennuskonevuokraamoissa tai myynnissä. Tunnettu valmistaja on kehittänyt tuotteitaan 75 vuotta, eikä niitä vielääkään osata ottaa käyttöön. Esimerkiksi harjakattokaide on suunniteltu asennettavaksi kaidetolpista kattotuolien päihin. Kattotuoliin porataan reikä lukitustappia varten, joten kattorakenteen muoto ja malli voi estää suojakaiteen käytön (kuvio 11)



Kuvio 11: Harjakattokaide asennetaan kattotuoliin (Vepe Oy)

Aukot on myös suojattava joko siten, että ne peitetään riittävän tukevasti ja merkitään tai niiden ympärille rakennetaan kaiteet tai vastaava putoamisen estävä suojaus. Aukkojen päällä oleville kansille astumista tai istumista tulee aina välttää.

Silloin, kun putoamissuojarakenteita ei ole ehditty rakentaa tai rakenteiden käyttäminen ei työn luonteen vuoksi ole mahdollista, on asentajien huolehdittava henkilökohtaisesta putoamissuojauksesta. Mikäli putoamisvaaraa muutoin ei ole poistettu, kaltevalla kattopinnalla ja tarvittaessa myös tasakatolla liikuttaessa tai työskenneltäessä tulee kytkeytyä kiinnityspisteeseen ja käyttää kokovaljasta (kuva 3).



Kuva 3. Kokovaljaat (Suojalaite)

Kattotyössä käytetään ensisijaisesti itsestään kelautuvia, vaimentimella varustettuja köydensäätolaitteita liikkumisturvallisuuden lisäämiseksi.

Turvaköyden kiinnityspisteinä käytetään kattopollaria tai muuta luotettavaa, lähintä yläpuolella olevaa kiinnityspistettä, joka kestää mahdollisen putoamisen aiheuttaman kuormituksen. Kiinnityspisteen luotettavuus tulee varmistaa ennen töiden aloittamista. (Euroopan työturvallisuus- ja työterveysvirasto)

8.3.2 Kulkutiet

Kulku katolle on järjestettävä sisä- tai ulkopuolelta ensisijaisesti rakennuksessa olevia kiinteitä kulkuväyliä käyttäen. Ellei niitä ole, on rakennettava työaikainen kulkutie. Useimmiten tulee kyseeseen työturvallisuusmääräysten mukainen porrastorni (huomioitava porrastornin käyttöönoton tarkastus) tai portaat (kuva 4).



Kuva 4. Asianmukaiset portaat ovat turvallinen kulkutie katolle (Mäkelä/Kauranen)

Rakennusalan kulttuuriin on perinteisesti kuulunut kiire. Usein tämä johtaa turvallisuuden kannalta tärkeiden asioiden laiminlyönteihin ja tyypillisesti otetaan mieluummin paljon riskejä kuin rakennetaan tai asennetaan suojauksia.

Kuvan 3 näkymä on valitettavasti vieläkin yleinen pientalorakennustyömaalla. Ei henkilökohtaisia suojaimia, ei suojakaiteita, työmaa sotkuinen ja tikapuut kulkutienä (kuva 5).



Kuva 5: Rakentamista keväällä 2010

8.3.3 Yleinen järjestys

Osana kattotöiden turvallisuutta niin työntekijöiden kuin kiinteistön käyttäjienkin kannalta on työmaan hyvä järjestys ja siisteys.

Tavarat sijoitetaan katolle siten, että ne eivät kaatuessaankaan putoa tai lähde vierimään katolta alas. Kaikki irrotetut rakenteet ja materiaalit varastoidaan niin, että mahdolliset kovatkaan tuulenpuuskat eivät lennätä niitä pois työmaalta.

Jätteet laitetaan niitä varten varattuihin jättesäkkeihin tai vastaaviin.

9 Yhteenveto

Omakotitalon tai vapaa-ajantaloon rakentaminen on raskas ja vaativa prosessi. Nyky-yhteiskunnassa talon rakentamiseen ei ole aikaa vuosia, ihmiset ovat kärsimättömiä puurtamaan iltakaudet töiden jälkeen rakennustyömaalla ja peukalokin tuppaa olemaan keskellä kämmentä.

Tehdasvalmisteiset elementit ja asennusryhmä asentamaan on ratkaisu nykyajan kiireiselle talonrakentajalle. Elementtitalo valmistuu noin neljässä kuukaudessa.

Joku tai jotkut kuitenkin rakentavat jokaisen rakennetun talon. Rakentaminen on ammatti-ihmisellekin haaste ja ainutlaatuinen tehtävä. Asennus on aina yksilöllinen ja jokaisessa asennuksessa on omat hankaluutensa ja vastoinkäymisensä, mutta rakentamisen riskejä ja sudenkuoppia voidaan ennakoida ja välttää suunnittelulla, joka kattaa koko prosessin materiaalihankinnasta työturvallisuuteen.

Rakentamisessa ei kenenkään kannata ottaa turhia riskejä – ei materiaali- eikä henkilöriskejä.

Puu on lämmin ja kaunis materiaali, joka myös vanhenee kauniisti. Teollisesti puusta voidaan rakentaa energiatehokkaita A-luokkaan kuuluvia rakennuksia puhtaasta ja uusiutuvasta luonnontuotteesta. Puuelementtien käyttäminen rakentamisessa ei rajoita arkkitehtisuunnittelua, puurakenteiden esivalmistus tuotantolaitoksissa takaa yleensä myös paikalla rakentamista paremman hiotumman lopputuloksen ja laadun. Puuelementtirakentamisella näyttää olevan ihan hyvät tulevaisuuden näkymät.

Lähteet

Painetut lähteet

Harjanne, Kerttuli & Kivinen Kaija; Starck Jukka (toimituskunta) 2007. Henkilön-
suojaimet työssä. Helsinki: Työterveyslaitos.

Inkinen, Pentti & Tuohi, Jukka 2006. Momentti 1: Insinöörifysiikka. Helsinki: Otava.

Kaila, Panu 1997. Talotohtori. Porvoo: WSOY.

Kemppainen, Taisto 1978. Puualan perusoppi 2: puun rakenne ja ominaisuudet. Helsinki: Otava.

Koski Hannu & Tarja Mäkelä 2006. Rakennustöiden turvallisuusohjeet. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kärkkäinen, Matti 1971. Puun rakenteesta ja ominaisuuksista. Helsinki: Ylioppilastukiry.

Laitinen, Eero (toim.) 1995. Teollinen puurakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rakennustieto Oy. Rakentajain kalenteri 2008. 2007. Helsinki: Gummerus Oy.

Siikanen, Unto 1996. Rakennusfysiikka: perusteet ja sovellukset. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Siikanen, Unto 2008. Puurakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Suomen rakentamismääräyskokoelma 2007. D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta.

Painamattomat lähteet

Laitinen, Markku, puuteollisuusteknikko. Keskustelut 2010. Kesätunturimarkkinointi M. Laitinen Ky. Tampere.

Pihlatie, Jukka, RI. Keskustelut ja materiaali 2010. Karelment Oy. Nurmes.

Sähköiset lähteet

Euroopan työturvallisuus- ja työterveysvirasto. [www-sivu]. [viitattu 18.4.2010] Saatavilla: <http://osha.europa.eu/fi/publications/factsheets/49>.

Haikonen Kari & Lounamaa Anne (toim.) Suomalaiset tapaturmien uhreina 2009. Raportti. . [www-sivu]. Saatavilla: <http://www.thl.fi/thl-client/pdfs/509a0a2b-aa80-452f-9642-8d2581848f55>.

Karelment Oy. [www-sivu]. [viitattu 6.2.2010] Saatavilla:
<http://www.sami-talo.com/fi/etusivu/>.

Mäkelä, Kauranen.Vtt.fi. Tutkimusraportti Nro VTT-R-05842-07. 27.6.2007 [www-sivu]. [viitattu 16.4.2010]. Saatavilla:
<http://www.vtt.fi/liitetiedostot/muut/pipukeopas.pdf>.

Paroc.fi. www-sivu]. [viitattu 3.5.2010]. Saatavilla: <http://www.paroc.fi>

Rantasalmi.com. www-sivu]. [viitattu 3.5.2010]. Saatavilla:
<http://www.rantasalmi.com/index.jsp?lang=fi&pid=175>.

Ril.fi. [www-sivu]. [viitattu 3.5.2010]. Saatavissa:
http://www.ril.fi/web/files/kalliomaki_compatibility_mode.pdf.

Suojalaite Oy. [www-sivu]. [viitattu 3.5.2010]. Saatavissa:
<http://www.suojalaite.fi/puto/sl/kokovaljaat1.htm>.

Suomirakentaa.fi. [www-sivu]. [viitattu 6.2.2010]. Saatavissa:
<http://www.suomirakentaa.fi/WebRoot/355940/Local.aspx?id=357050>.

Taideteollinen korkeakoulu [www-sivu]. [viitattu 2.5.2010]
<http://www.uiah.fi/virtu/materiaalit/puuteknologia/2-2-leikkaussuunnat.html>.

Tekniikkatalous.fi. [www-sivu]. Tekniikka & Talous – lehti : Kari Peltonen, 20.9.2008.
 [viitattu 1.5.2010]. Saatavissa:
www.tekniikkatalous.fi/rakennus/article131911.ece.

Tilastokeskus [www-sivu]. Saatavilla: <http://www.stat.fi/til/ehkh/2009/04/>.

Vepe Oy. [www-sivu]. [viitattu 2.5.2010]. Saatavilla:
http://www.vepe.fi/template_page1.asp?lang=1&sua=1&s=42.

Virtual.vtt.fi [www-sivu]. [viitattu 16.4.2010]. Saatavilla:
<http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/ytya/rak-tt.htm>.

Vtt.fi. Tutkimusraportti Nro VTT-R-07902-06. 1.9.2006. [www-sivu]. [viitattu 16.4.2010].
 Saatavilla:
http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2006/pilketurvaraportti_060901.pdf

Liitteet

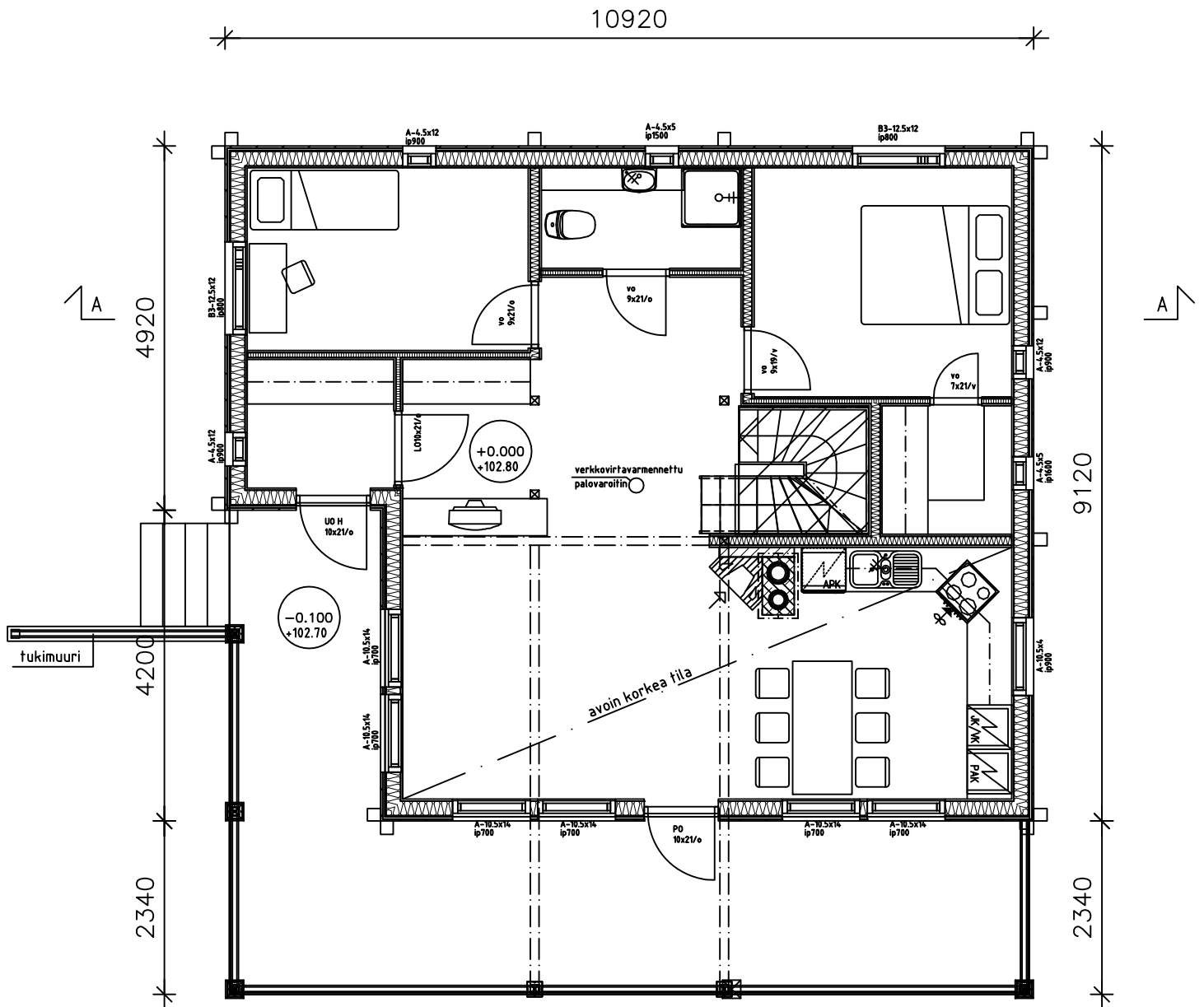
Liite 1: Pohja- ja julkisivukuvat kohteena olevasta rakennuksesta

(lähde: Karelment Oy, 2010)

Liite 2: Vastaanotto- ja varastointiohje

Liite 3: Asennusohje

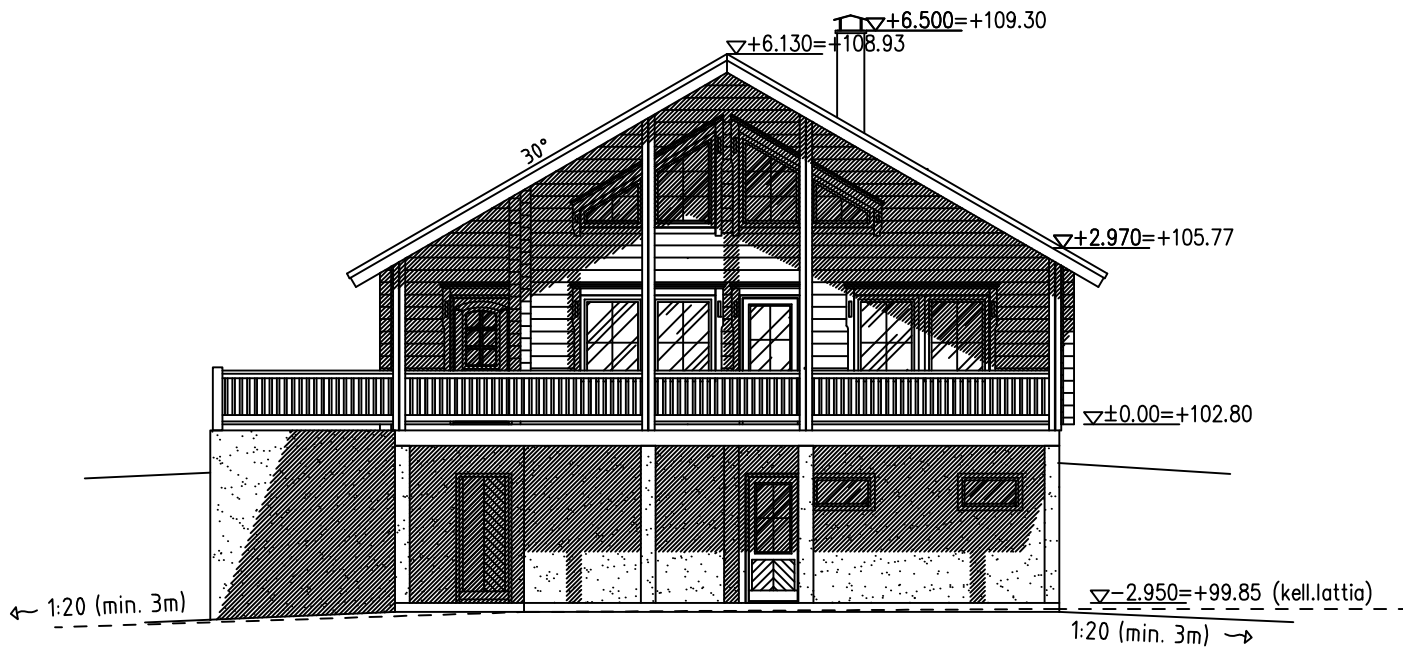
LIITE 1 (1/3)



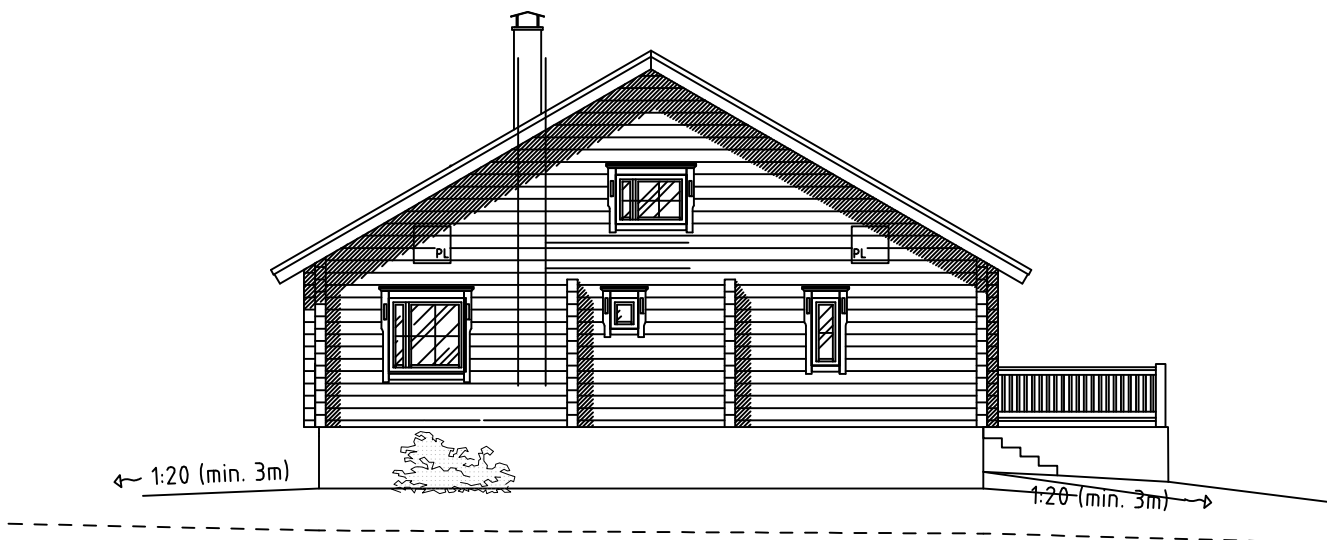
1.KRS

	1.KRS	KELL.KRS	YHT.
HUM2	79.0 m ²	25.5 m ²	104.5 m ²
KEM2 (seinä 250 mm)	86.0 m ²	29.0 m ²	115.0 m ²
BRM2	88.0 m ²	89.0 m ²	177.0 m ²
TILAVUUS	260.0 m ³	280.0 m ³	540.0 m ³

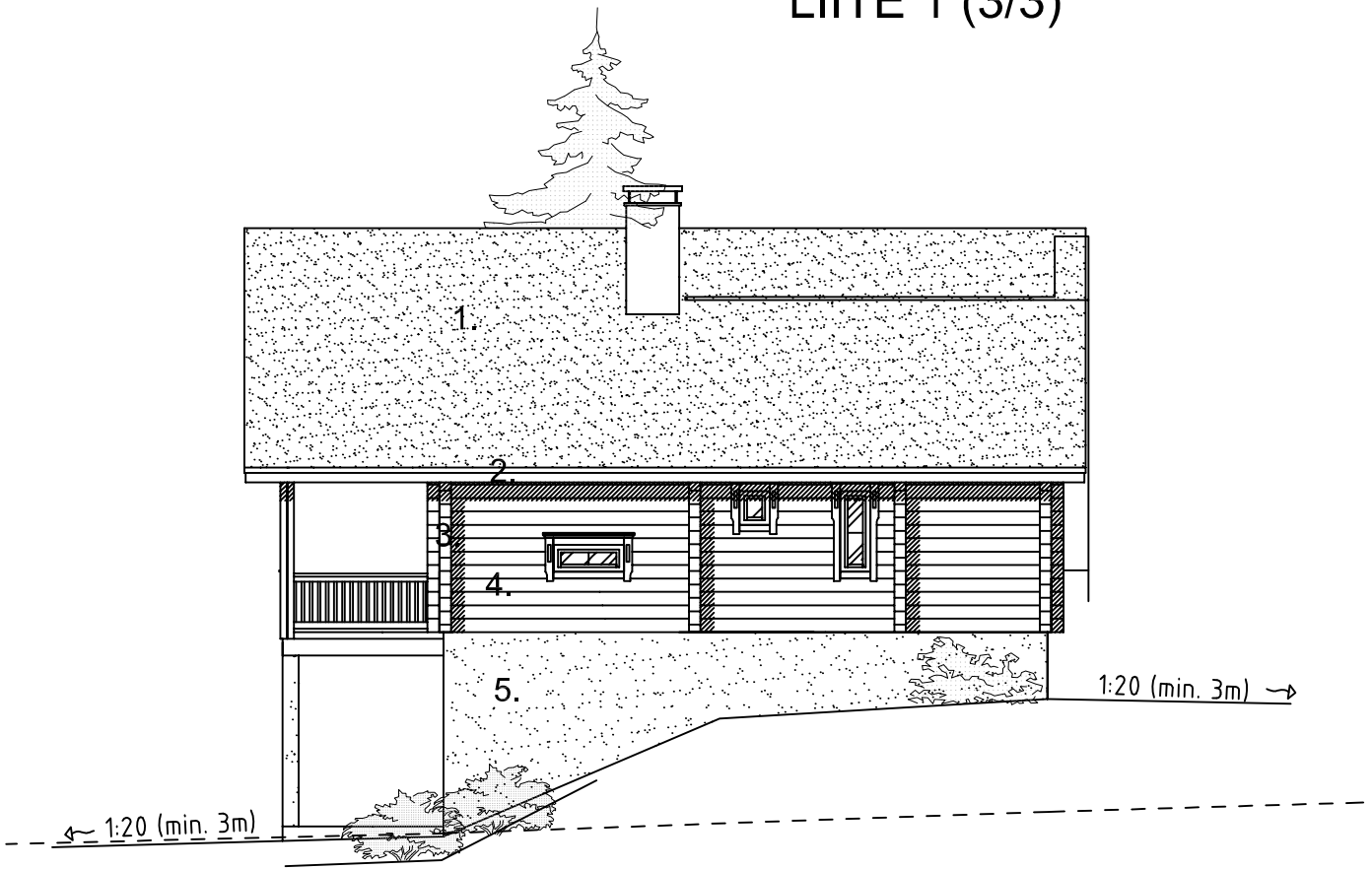
LIITE 1 (2/3)



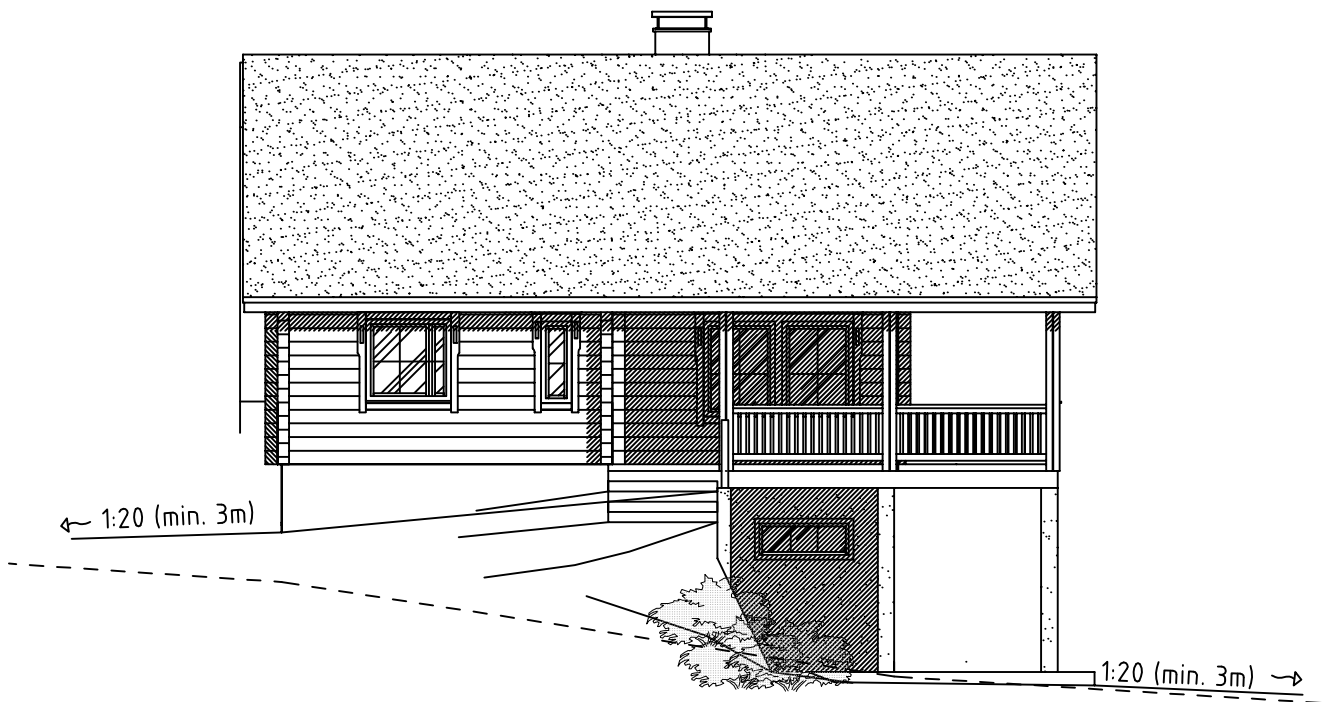
1. HUOPAKATE
2. HIENOSAHATTU LAUTA
3. HIRSINURKAT 170x220
4. VAAKAVERHOUSPANEELI, UYV 28x220
5. BETONI HARMAA



LIITE 1 (3/3)



----- = NYKYINEN MAANPINTA





Lämpöhirsitalo

Vastaanotto- ja varastointiohje



SISÄLTÖ

VASTAANOTTO-OHJE	3
VALMISTELUT TONTILLA	3
Työmaan vastaanottovalmius	3
Telineet ja pohjapuut	4
Suojapeitteet	5
Työmaasähkö.....	5
KULJETUS	6
Toimitusaika	6
Ajo-ohje	6
Toimitustapa	6
KALUSTO	7
Nosturi	7
Juontamiseen tarvittava kalusto.....	7
VASTAANOTTO	8
Vastaanottaja	8
Vastaanottotarkastus.....	8
VARASTOINTIOHJE	9
SUOJAAMINEN.....	9
Sateelta suojaaminen	9
Kosteudelta suojaaminen.....	9
Maakosteudelta suojaaminen.....	10
VÄÄNTYMISET JA MUUT MUODONMUUTOKSET	10
KATTORISTIKOIDEN VARASTOINTI	10
AURINGONVALON VAIKUTUS	11
SUOJAKÄSITTELY	12

VASTAANOTTO-OHJE

VALMISTELUT TONTILLA

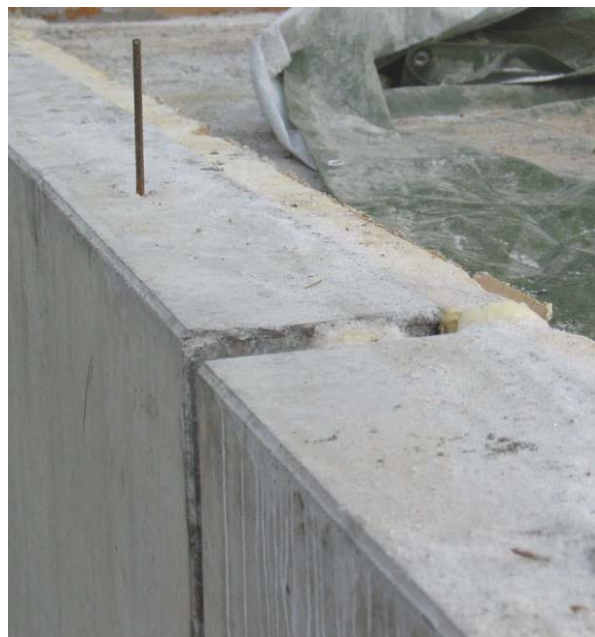
Työmaan vastaanottovalmius

Tilaajan on huolehdittava, että työmaa on sellaisessa kunnossa, että se voi vastaanottaa talopakettitoimituksen ja että asennus on mahdollinen. Yleensä työmaan tilannetarkastuksesta vastaa ennen toimitusta vastaava mestari.

Perustusten mitat selvitetään erillisestä perustusten mittapiirustuksesta. Ristimitat tarkastetaan mittaamalla ja niiden on ehdottomasti oltava piirustuksien mukaisia.

Perustusten yläpinnan suoruus tarkistetaan vaa'ittamalla ja tarvittaessa sitä oikaistaan tarkoitukseen sopivalla laastilla. Suurin sallittu korkeuspoikkeama on ± 5 mm. Puukiilosten käyttö alajuoksun oikaisemiseksi ei ole suotavaa.

Talvella perustukset on syytä peittää, ettei perustuksen yläpintaan muodostu epätasaisuutta aiheuttavaa jääkerrosta.



Perustuksessa korkeuspoikkeamaa

Mikäli perustus on tarkoitus rapata tai pinnoittaa esim. julkisivurouheella, se suositellaan tehtäväksi ennen talon asennusta. Vahvan pintakäsittelyn paksuus on huomioitava perustuksen mitoissa.

Perustuksen sisä- ja ulkopuoliset täytöt on tehtävä ennen asennuksen alkamista.

Telineet ja pohjapuut

Elementtiteline

Elementtien väliaikaistakin varastointia varten tulee ennen toimitusta varata tontille riittävän tukeva elementtiteline, joka sijoitetaan lähelle nostopaikkaa tasaiselle alustalle. Telineen voi rakentaa puutavarasta, vuokrata rakennuskonevuokraamosta tai sitä voi tiedustella asentajilta.



Rakennustelineet

Rakennustelineiksi soveltuvat työpukit ja siirrettävät työtelineet. Tärkeintä on työskentelyn turvallisuus telineillä. Työtelineiden työtasot on varustettava suojakaiteilla, jos työtasolta voidaan pudota 2,0 metriä korkeammalta. Yli metrin korkuisen työpukin työtason leveyden on oltava vähintään 0,4 m. Työpukki voi olla 2,0 metriä korkea, jos siinä on kiinteät askelmat.

Nojatikkaita tai A-tikkaita voidaan käyttää vain tilapäisinä kulkuteinä, nostoapuvälineiden kiinnittämiseen ja irtottamiseen sekä muihin vastaaviin lyhytaikaisiin, kertaluontoisiin töihin.



Aluspuut

Tontille tulee varata puutavaraniippujen alle soveltuvia pohjapuita. Tavarain paljous yllättää aina, eikä kaikkea suinkaan käytetä välittömästi. Pohjan tulee olla tasainen ja luja. Esim. kuormauslavat antavat tukevan alustan puutavaraniipuille ja nostavat niput ylös maasta, jolloin ne eivät ole alttiina maakosteudelle. Pohjapuut voi hyvä asettaa valmiiksi ennen toimituspäivää.

Suojapeitteet

Vaikka puutavaraniiput on suojattu suojapaperilla, tulee rakennuttajan hankkia peitteitä niiden suojaamiseksi. Tähän tarkoitukseen sopii ns. kevytpressut hyvin. On hyvä varata eri kokoisia pressuja, suunniteltujen tavaraniippujen sijaintien mukaan.

Myös rakennuksen suojaamiseksi tarvitaan peitteitä. Peitteiden määrän ja koon arvioimiseksi voi katon mitata esim. julkisivukuvista. Limityksiin ja räystäälle on syytä huomioida 2-3 metriä lisämittaa. Pressut kiinnitetään naruilla. Kevytpressut ovat helpompia käsitellä, mutta pitempiäaikaista käyttöä ne eivät kestä, vaan hakkautuvat rikki tuulessa. Jos rakennus jää esim. odottamaan runkoasennuksen jälkeen jatkoasennusta, kannattaa hankkia vahvemmat lainapeitteet.

Työmaasähkö

Rakennustyömaalla tarvitaan sähkövirtaa. Sen toimittamisesta huolehtii rakennuttaja. Toimitussopimus tulee tehdä ajoissa, sillä toimitusajat riippuvat liittymän sijaintipaikasta sekä rakennettavan verkoston pituudesta. Rakentamisaikaiset sähköt saa kätevimmin ja edullisimmin tontin rajalle sijoitettavasta ns. pihakeskuksesta. Sama keskus soveltuu sellaisenaan myös lopulliseen käyttöön.

Toinen vaihtoehto on vuokrata tai hankkia työmaa-aikaista käyttöä varten oma erillinen työmaakeskus. Keskuksille tulee rakentaa telineet.

Tarvittava virranvoimakkuus on 16 ampeeria.

KULJETUS

Toimitusaika

Talotoimittaja vahvistaa tarkan toimituspäivän noin kaksi viikkoa ennen toimitusta. Talotoimitus tulee aamulla klo 7 - 8. Kuljettaja ottaa yhteyttä asiakkaaseen edellisenä päivänä sopiaan toimitukseen liittyvistä yksityiskohdista.

Ajo-ohje

Rakennuttajan tulee lähettää tehtaalle ennen tavaratoimitusta ajo-ohje. Sen tulee olla selkeä ja riittävän tarkka ja määräpaikka tulee merkitä esim. nuolella. Erityistä huomiota on kiinnitettävä teiden nimiin, tienviittoihin ja välimatkamerkintöihin sekä kartan ulkopuolelle johtavien teiden määränpää. Pohjana voi käyttää esim. GT - karttaa, mutta piirretty ohje voi olla varsinkin loppumatkan pienistä teistä jopa selkeämpi ratkaisu.

Ajo-ohjeeseen merkitään toimituksen vastaanottajan yhteystiedot.

Toimitustapa

Toimitus toteutetaan ajoneuvoyhdistelmällä, jonka ja korkeus 4,2 metriä. Toimitusehtojen mukaisesti talopaketti toimitetaan rekka-autotien päähän. Tien soveltuvuudesta kuljetukseen määrittelee auton kuljettaja. Rakennuttajan tulee pyytää asiantuntija tarkistamaan rakennuspaikalle johtava tie, jos on syytä epäillä tien kestävyyttä, leveyttä, mutkia, jyrkkyyttä tai rekan kääntymismahdollisuutta.

Ajoneuvon lastauksen yleisperiaate on, että puutavaraniiput, hirsinurkat, kateaineet ja pientarvikkeet ovat vetovaunussa ja seinäelementit, kattokehät, liimapuupalkit ja päätykolmiot ovat perävaunussa.

KALUSTO

Nosturi

Ellei sopimukseen sisälly tehdasasennus, tilaa rakennuttaja kustannuksellaan rakennustyössä ja kuorman purkamisessa tarvittavan nosturin. Nosturia tarvitaan heti asennuspäivän aamusta lähtien ja sen tarve päättyy yleensä seuraavan päivän iltaan mennessä.

Nosturin kapasiteetti ja koko riippuu rakennuspaikan olosuhteista. Suurin vaikuttava tekijä on, kuinka paljon on tilaa rakennuksen eri puolilla, ja pääseekö nosturi nostamaan useammalta rakennuksen sivulta.



Nostotyössä rajoittavaksi tekijäksi ei yleensä muodostu elementin paino, koska suurimpienkin elementtien paino jää alle 1000 kilon. Painavimmat puutavaraniiput sen sijaan painavat 1500 - 2000 kg ja tämä tulee huomioida varsinkin, jos niiden sijoitus tontilla ei ole purkupaikan läheisyydessä. Huomiota kannattaa kiinnittää myös nosturin puomin pituuteen ja valita siinä mieluummin vähän liian iso kuin liian pieni. Nosturivalinnassa asiantuntija-apua saa edustajalta sekä nosturifirmoista.

Juontamiseen tarvittava kalusto

Yleensä vetoauto pääsee perille. Perävaunussa olevat tarvikkeet saatetaan joutua siirtämään rakennuspaikalle toisella autolla. Siirtoon soveltuu pitkällä korkeareunaisella avolavalla ja nosturilla varustettu kuorma-auto. Elementit tulee siirtää pystyasennossa, mieluiten elementtelineessä. Juontaminen tapahtuu rakennuttajan kustannuksella.

VASTAANOTTO

Vastaanottaja

Toimituksen ottaa vastaan rakennuttaja ja hänen valtuuttamansa henkilö. Vastaanottajan lisäksi paikalla tulee olla aputyövoimaa asiakkaan puolesta 1 -2 henkilöä.

Vastaanottotarkastus

Vastaanottaja tarkastaa toimituksen ja tekee huomautukset mahdollisista kuljetusvaurioista rahtikirjaan.

Puutavarannippuja ei tarvitse avata heti, mutta mahdollista puutteista toimituksessa on syytä reklamoida viivytyksettä, jos sellaisia ilmenee.

VARASTOINTIOHJE

Toimituksen jälkeen varastointivastuu siirtyy asiakkaalle. Talopaketti kannattaa vakuuttaa sen saapumispäivästä alkaen.

Tämä ohje on tarkoitettu elementtien ja puutavaran pitempiaikaiselle varastoinnille.

Suurimmat vaaratekijät pitempiaikaisessa varastoinnissa ovat

- vesi- ja lumisade
- ilman suuri suhteellinen kosteus
- maakosteus
- vääntymiset ja muut muodonmuutokset
- auringonvalon vaikutus

SUOJAAMINEN

Sateelta suojaaminen

Elementit ja puutavarat on suojattu kuljetussuojauksin, mutta ne eivät ole varastointisuojauskina riittäviä. Pitempiaikaisessa varastoinnissa varastoitavat tavaranihut suojataan lainapeitteillä tai kevytpressuilla. Kevytpressujen alle on hyvä laittaa vielä ehyt muovi.

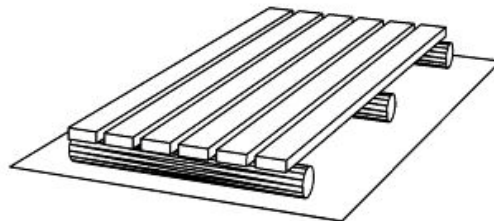
Suojaus jätetään irti elementtien ja puutavaranippujen pinnasta välipuita käyttäen.

Kosteudelta suojaaminen

Tehtaan kuljetuspakkaukset on purettava ja irtotavara rimoitettava väljästi tuuletuksen aikaansaamiseksi. Tiiviissä pakkauksessa tavaranihunun sisällä oleva kosteus voi tuhota koko nipun käyttökelvottomaksi.

Maakosteudelta suojaaminen

Elementit ja tavaraniput varastoidaan irti maanpinnasta pohjapuiden päälle. Riittävä maavara on n. 20 cm. Maakosteuden nousua nippujen alla voi vähentää lisäämällä muovin pohjapuiden alle. Maakosteus tuulettuu, kun suojapeite ei ylety maahan saakka.



VÄÄNTYMISET JA MUUT MUODONMUUTOKSET

Elementit varastoidaan elementtitelineisiin pystyasennossa.

Puutavaran vääntymiset estetään tasaisella ja tukevalla alustalla olevilla pohjapuilla, joiden jänneväli ei saa olla liian pitkä.

Sisäverhouksiin tarkoitettut seinä- ja kattopaneelit on hyvä tuoda sisälle hyvissä ajoin, jotta puussa oleva kosteus ehtii tasaantua, eivätkä paneelit asennuksen jälkeen kutistu liikaa.

KATTORISTIKOIDEN VARASTOINTI

Kattoristikot voidaan varastoida rakennuspaikalla joko pysty- tai vaaka-asennossa vaakasuoralla alustalla, jolla estetään pysyvien taipumien muodostuminen.

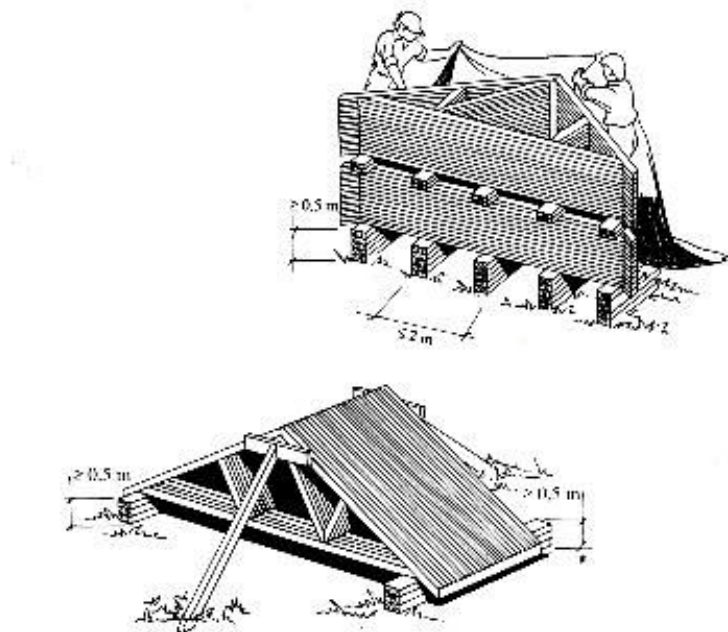
Naulalevyrakenteet varastoidaan pystyasennossa niputettuna toisiinsa ja tuettuna tukipisteistään, lisäksi on huolehdittava, etteivät niput pääse kaatumaan. Aluspuiden tulee olla riittävän korkeat (väh. 0,5 m) jolloin ei alapaarre eivätkä yläpaarten alaosat ole maakosketuksessa.

Vaaka-asennossa varastoitaessa tulee aluspuiden olla riittävän korkeat (n. 0,5 m) ja vaakasuorassa sekä niitä tulee olla riittävän tiheässä. Mikäli useampia ristikkonippuja varastoidaan päällekkäin, tulee välipuiden sijaita samoilla pystylinjoilla kuin aluspuut.

Naulalevyrakenteet on suojattava varastossa sateelta, lumelta, jäältä ja maakosketukselta.

Suojaukseen käytetään vedenpitävää vaippaa, jonka toiminta on varmistettava myös kovilla tuulilla.

Vaipan alle tulee jättää tuuletusväli, jolla huolehditaan riittävästä ilmanvaihdosta suojauksen alla.



AURINGONVALON VAIKUTUS

Auringonvalo tummentaa puuta kirkkaana kevätpäivänä jopa tunneissa. Värimuutokset ovat pysyviä eivätkä ne peity helposti läpikuultavilla vaaleilla puunsuoja-aineillakaan. Sisäpaneelit, listat sekä muut näkyville jäävä puutavara on syytä suojata esim. pahvilla auringonvalolta.

SUOJAKÄSITTELY

Rakennuksen ulkoverhous tulisi käsitellä mahdollisimman nopeasti valitulla puunsuoja-aineella. Erityisen tärkeää tämä on massiivihirsiosille, kuten nurkille ja terassihirsille.





Lämpöhirsitalo

Asennusohje



KARELEMENT OY, Teollisuustie 2, 75530 Nurmes

SISÄLTÖ

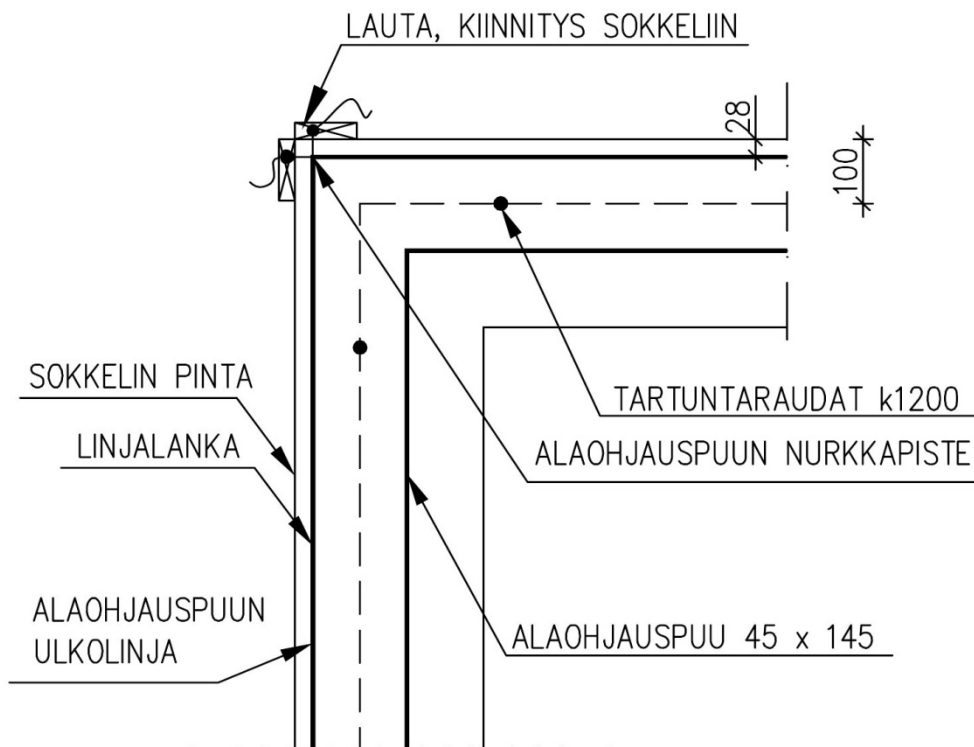
1. ALAOHJAUSPUUN ASENNUS.....	3
2. ELEMENTTIEN ASENNUS	4
3. PÄÄTYKOLMIOT JA SIVUSEINIEN KOROTUSOSAT	7
4. KANTAVIEN VÄLISEINIEN JA PALKKIEN ASENNUS	8
5. KATTORISTIKOIDEN ASENNUS	9
6. ALUSKATE, RUOTEET JA VESIKATE	11
7. PILARI-PALKKILIITOKSET	14
8. NURKKIEN ASENNUS	14
9. IKKUNAT	17
10. VÄLIOVET.....	20
11. ULKO-OVEN ASENNUS.....	21
12. KAITEET	22
13. RÄYSTÄÄT	23
14. PORTAAT	26
15. VÄLIPOHJARAKENNE.....	27

1. ALAOHJAUSPUUN ASENNUS

Kiinnitä sokkelin nurkkiin laudat alla olevan kuvan mukaisesti. Mittaa alaohjauspuun paikat ja lyö merkkeihin naulat sekä vedä linjalanka naulojen väliin. Lankoien risteyskohdissa on alaohjauspuun nurkkapisteet.

Tarkasta alaohjauspuun mitat ja ristimitat. Tarvittaessa naulojen paikkaa korjataan keskeisesti siten, että annetut mitat toteutuvat ja elementtien asennus onnistuu.

Mittaustyö kannattaa tehdä huolella, sillä mittavirheet tässä moninkertaistavat virheet myöhemmin.



Seuraavaksi asennetaan alaohjauspuu (paineekyllästetty 45 x 145 mm) oikealle paikalleen seuraavalla tavalla:

- Tartuntateräkset katkaistaan n. 70 mm pituuteen sokkelin pinnasta mitattuna
- Tämän jälkeen mitataan alaohjauspuuhun tartuntaterästen paikat tarkasti sekä pituus- että leveysuunnassa kohdalleen
- Alaohjauspuuhun porataan tartuntarautoille \varnothing 10 mm reiät
- Sokkelin päälle asennetaan sokkelikaista estämään kosteuden nousu sokkelista puurakenteisiin ja tiivistämään sauman

- Alaohjauspuu asennetaan tartuntateräksille tehtyihin reikiin
- Alaohjauspuu kiinnitetään sokkeliin tartuntaraudoilla tai holkkiankkureilla.

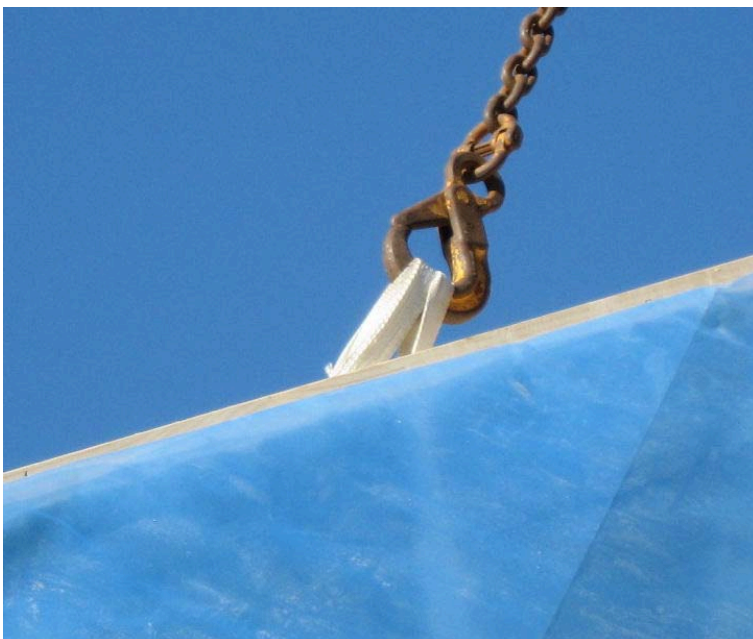


Alaohjauspuun alle asennetaan sokkelikaista

2. ELEMENTTIEN ASENNUS

Elementtien asennus aloitetaan mittaamalla ja merkitsemällä elementtien paikat alaohjauspuuhun elementtijakopiirustuksen mukaisesti. Seuraavaksi alaohjauspuuhun nidoetaan saumaeristekaistale.

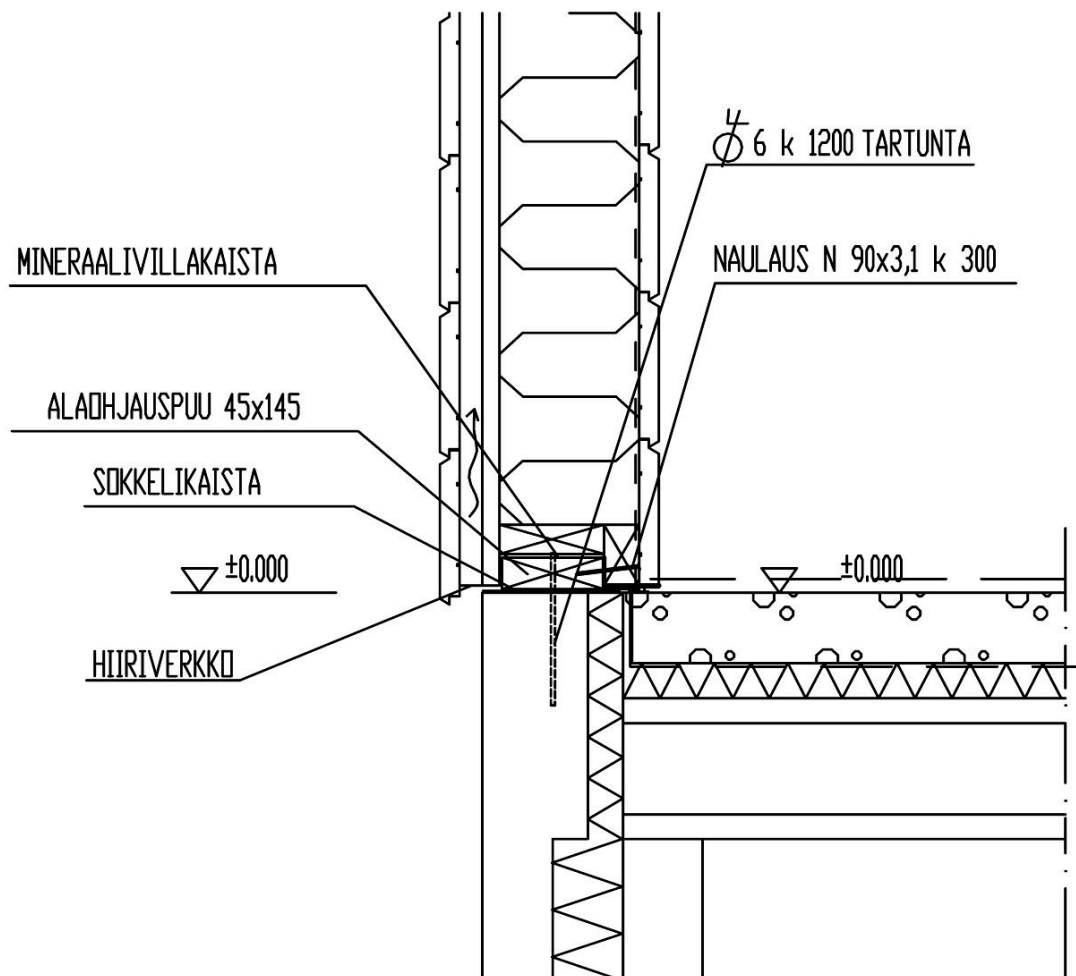
Elementti nostetaan siihen asennetuista nostolenkeistä



Pystytys aloitetaan kuvan mukaisesti nurkasta lähtevällä elementillä, kiertosuunta vastapäivään. Elementit on numerooitu. Elementit asennetaan alaohjauspuuhun merkitylle paikalle naulaamalla elementin alapää kiinni rakennuksen sisäpuolelta galvanoiduilla nautoilla N90x3,1 k300 alla olevan piirustuksen mukaisesti.



Elementin kiinnittäminen alaohjauspuuhun.



Elementin pystysuoruus tarkistetaan pitkällä vatupassilla.

Elementit tuetaan sisäpuolelta lyömällä paalut kaikkien vinotukien kohdalle. Mikäli alapohjan laatta on valettu, voidaan laattaan propata esim. 50x100 lankkuja, joihin vino-
tuet kiinnitetään. Tuentalankkujen tulee yltää elementin yläpään asti.



Ennen seuraavan elementin asentamista kiinnitetään edellisen elementin päähän villa-
kaista esim. nitojalla saumaeristeeksi.

Kun kaikki elementit on pystytetty, varmistetaan pystysuoruus kaikissa nurkissa ja riit-
tävän tiheästi myös väliltä.

Lopuksi elementtien yläjuoksut liitetään toisiinsa naulauslevyillä 100 x 300 mm. Nau-
lauslevyt naulataan ankkurinauloilla N 4,0x40 10 naulaa / levy.

Seinäelementtien tukia ei saa poistaa ennen kuin

- kantavat kattorakenteet on asennettu ja jäykistetty
- kantavat väliseinät on asennettu ja jäykistetty
- katteen aluslaudoitus/ruoteet on asennettu

3. PÄÄTYKOLMIOT JA SIVUSEINIEN KOROTUSOSAT

Kuljetuksen aikaiset suojalaudat poistetaan päätyelementin alapäästä ennen elementin asennusta.

Asennetaan yläpuun eristeet ja nidotaan tiivistekaistat päätykolmioelementin alapuolella olevien elementtien päälle.

Päätykolmion asennusta keskeisesti kohdalleen voi helpottaa, jos merkitsee sekä alapuolen elementtiin että päätykolmioelementtiin keskikohdalle kohdistusmerkin. Päätykolmioelementti naulataan N 90 x 3,1 k300 nauloilla sekä tuetaan vähintään neljällä 50x100 mm lankulla.

Seinien korotusosien asennusperiaate on sama kuin päätykolmioiden.



Eristekaista asennetaan seinäelementin yläreunaan ennen päätykolmioelementin asennusta



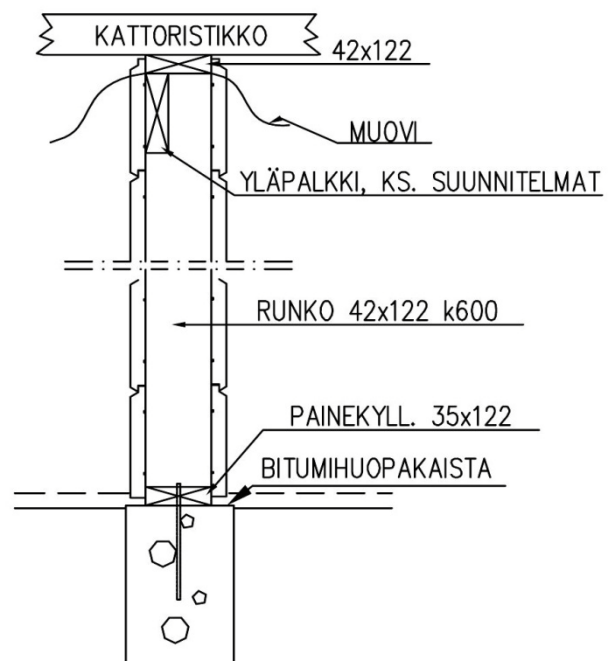
Päätyelementin nosto paikoilleen

4. KANTAVIEN VÄLISEINIEN JA PALKKIEN ASENNUS

Kantava väliseinä rakennetaan ainoastaan elementtijakokuvassa merkittyihin kohtiin.

Seinän yläjuoksun (42 x 122 mm) yläpinnan korko on sama kuin ulkoseinäelementin yläpinnan korko, ellei suunnitelmissa ole toisin määrätty.

Alajuoksun (paineekyllästetty 35 x 122 mm) alle sijoitetaan bitumi- huopakaista ja juoksu kiinnitetään kuten ulkoseinäelementin alajuoksu. Runkotolpat (42 x 122 mm) tulevat yleensä jaolla k600 sekä suunnitelmien osoittamiin paikkoihin.



Kantavan väliseinän päälle on muistettava laittaa ennen kattoristikoiden asennusta höyrynsulkumuovikaista, joka myöhemmin limitetään yläpohjan höyrynsulun kanssa. Kantavat palkit asennetaan suunnitelmissa esitettyihin paikkoihin. Niiden korkeusasetmat ja dimensiot selviävät suunnitelmista, kuten myös palkkien kiinnitys liittyviin rakenteisiin.

5. KATTORISTIKOIDEN ASENNUS

Ennen ristikoiden asennusta tarkastetaan seinien suoruus linjalangalla. Lanka on syytä asentaa siten, että ristikot on mahdollista linjata samaa lankaa käyttäen. Tarvittaessa seinät oikaistaan vinotukien avulla sisäpuolelta.

Elementin yläjuoksuun merkitään ristikkojakokuvan mukaisesti ristikoiden paikat. Kiinnityskulmat (2,5 x 60 x 90 x 90, naulaus ankkurinauloin 4 + 4 N 40 x 4,0 / kulma- rauta tai vastaava suunnitelmien mukaisesti) naulataan valmiiksi merkintöjen mukaisille paikoille samalle etäisyydelle linjalangasta.

Ristikot asennetaan ristikkojakokuvan mukaiseen järjestykseen siten, että ristikoiden päät ovat suorassa linjassa ja rungon ulkopinnan tasassa.

Kattoristikot asennetaan niin, että ristikoihin tehdyt merkinnät ovat kaikki samalla puolella rakennusta eli näkyvät yhdestä suunnasta katsottaessa.

Kiinnityskulmia riittää yksi / ristikkopääty.

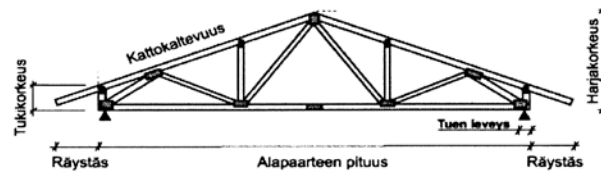
Jokaisen ristikon osalta tarkastetaan linjaus suoraan sekä asennus pystysuoraan.

Ristikkojakopiirustukseen on merkitty nurjahdustuettavat sauvat. Nurjahdustuenta ei korvaa tuulijäykistystä. Periaatekuva tuulisiteiden asennuksesta on esitetty rakenneleikkauspiirustuksessa ja yksityiskohtaiset ohjeet tuulisiteiden määrästä ristikkojakopiirustuksessa.

Sami-kattoristikot

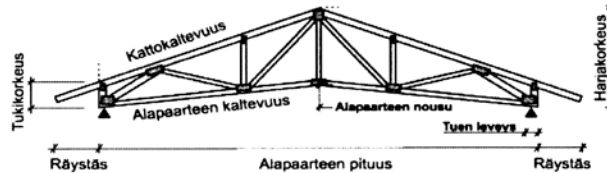
18.2.2010

1. Normaali harjaristikko



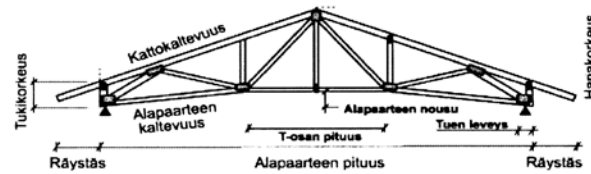
2. Saksiristikko

- alapaarre 1-taitteinen

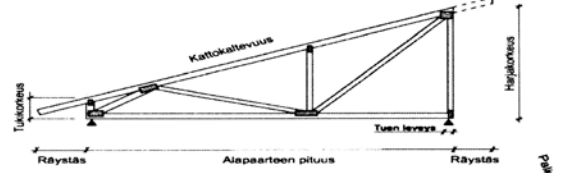


3. T-saksiristikko

- alapaarre 2-taitteinen

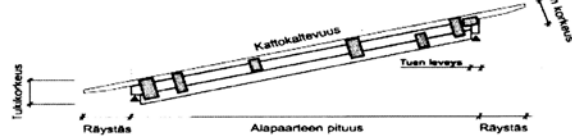


4. Pulpettiristikko

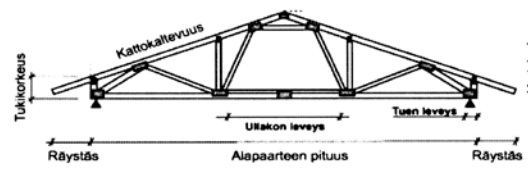


5. Vaarnapalkki

- 2-lappeinen => A-ristikko

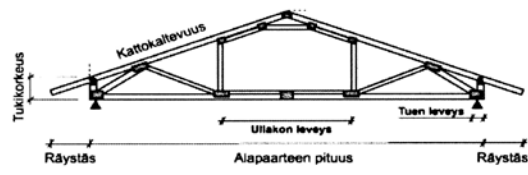


6. Vinosauvainen käyttöullakkoristikko



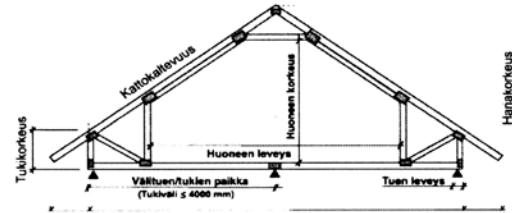
7. Suorasauvainen käyttöullakkoristikko

- 2-tukinen => EI asuintilakäyttöön



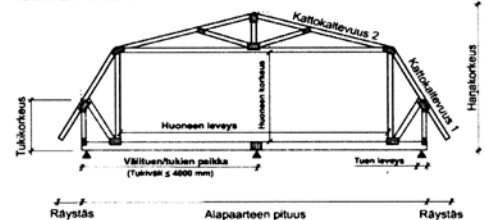
8. Kehäristikko

- vähintään 3-tukinen => asuintilakäyttöön



9. Mansardiristikko

- vähintään 3-tukinen => asuintilakäyttöön



6. ALUSKATE, RUOTEET JA VESIKATE

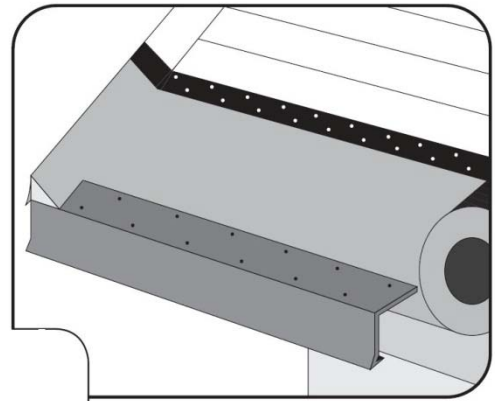
HUOPAKATE

Raakapontti

Huopakatteen alusta tehdään enintään 95 mm leveästä raakaponttilaudasta, jonka paksuus on 23 mm tukivälin ollessa 900 mm. Lautojen kiinnitykseen käytetään kuumasinkittyjä ruuveja tai nautoja. Laudat kiinnitetään jokaiseen tukeen. Jatkokset sijoitetaan tukien kohdalle. Lautojen tulee ylettyä vähintään kahden tukivälin yli.

Aluskermi

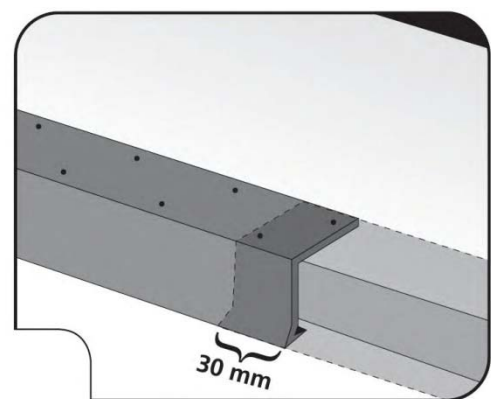
Kiinnitä päätyräystäälle kolmiorimat (50 x 50 mm, vinohalkaistu). Linjaa aluskermi alaräystäään suuntaisesti ja esinaulaa noin 1 m välein pintapuolen tarrareunan suoja-
muovin läpi.



Asenna alaräystäälle räystäspelti. Limitä pellin jatkoskohdat max 3 cm ja kiinnitä pelti siksak-naulauksella 10 cm välein.

Jos asennuslämpötila on alle +10 °C, varmistetaan kermin tarrareunojen kiinnittyminen esim. kuumailmapuhaltimella.

Linjaa seuraava kermi ja limitä 10 cm edellisen kermin päälle. Esinaulaa pintapuolen tarrareunasta noin 1 m välein kiinni alustaan. Käännä kermin alareuna ylös ensimmäisen kermin päältä. Poista ensimmäisen kermin pintapuolen tarrareunan suoja-
muovi ja nau-
laa kermi tarrareunasta siksak-naulauksella 15 cm välein kiinni alustaan. Huom! nautojen etäisyys tarrakaistan reunoista minimissään 1,5 cm. Poista toisen kermin alapuolen



tarrareunan suojamuovi ja paina tarrareunat kiinni toisiinsa (ensimmäisen kermin siksak-naulaus peittyy).

Jatka asennusta samalla tavalla, kunnes lape on valmis. Lapeen viimeisen kermin yläreuna leikataan harjan tasaan ja naulataan kiinni alustaan.

Kattolaatat

Laattojen saumakohtat ja katon keskikohta merkitään mittaa ja värilankaa apuna käyttäen. Kattolaattojen asentaminen aloitetaan alaräystään keskeltä siten, että molemmille sivuille tulee samanlevyiset laattakappaleet.

Kattolaattojen alapinnalta poistetaan suojakalvo ja laatat asetetaan paikalleen. Varmistetaan, että räystäskermilevyjen saumat peittyvät. Suojakalvon poistamisen jälkeen laattoja ei saa pinota. Varmistetaan laattojen kielekkeiden kiinnittyminen. Laattojen liimauspintoja voidaan lämmittää kuumailmapuhaltimella kiinnittymisen varmistamiseksi ja taivutuskohtien murtumisen estämiseksi.

Räystään laattarivi asennetaan siten, että kielekkeet jäävät 10...50 mm tai valmistajan ilmoittaman etäisyyden mukaan sivuräystään reunasta. Jokainen laatta naulataan huopanauloilla noin 20 mm laattojen lovien yläpuolelta valmistajan ohjeiden mukaan.

Seuraava laattarivi asennetaan siten, että kielekkeet osuvat lovien kanssa samalle tasolle ja edellisten laattojen naulaukset jäävät piiloon. Värierojen tasaamiseksi käytetään vuoronperään eri pakkauksien laattoja. Varmistetaan, että laattarivit pysyvät alaräystään ja harjan suuntaisina sekä ne ovat suorassa toisiinsa nähden.

Päätyräystäillä laatat leikataan räystään tasoon ja liimataan 100 mm leveydeltä räystäökaistaan tai päätyräystäspeltiin.

Harja ja ulkotaite

Katon ulkotaitteisiin ja harjalle kiinnitetään piilonaulauksella harjalevyt. Harjalevyt limitetään vähintään 50 mm. Harjalevyjen asennus aloitetaan ulkotaitteessa alaräystäältä ylöspäin. Kattolaatat leikataan taitteen suuntaisesti harjan ja ulkotaitteen kohdalla. Kattolaattoja ei tule taivuttaa taitekohdan yli. Kattolaatat tulee naulata 100 mm välein ulkotaitteen molemmilta puolilta. Viimeinen harjalevy tulee kiinnittää liimaten.

Pelti- ja tiilikate

Ristikoiden päälle asennetaan aluskate pelti- ja tiilikatteelle. Asennus aloitetaan sivuräystäältä edeten harjalle. Päätyräystäällä aluskate asennetaan räystääslinjaan saakka, sivuräystäällä noin 250 mm yli ulkoseinälinjan. Limitys tehdään pystysuunnassa noin 200 mm edellisen päälle ja pystysuuntainen jatkos aina kattoristikon kohdalla.

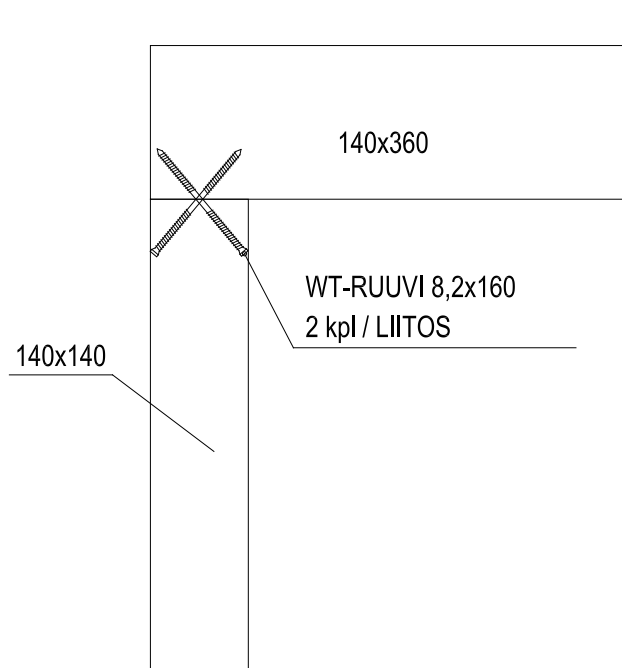
Aluskate kiinnitetään ristikon yläpaarteeseen tuuletusriman (21x 42 mm) läpi naulaamalla N75 x 2,8 k400 mm. Aluskatetta ei saa vetää kireälle, vaan siihen jätetään löysää noin 20 mm jokaiseen ristikkoväliin.

Tuuletusrimojen päälle asennetaan ruoteet (32x100 mm peltikate, 48x48 mm tiilikate) katetoimittajan ohjeen mukaisella jaolla.



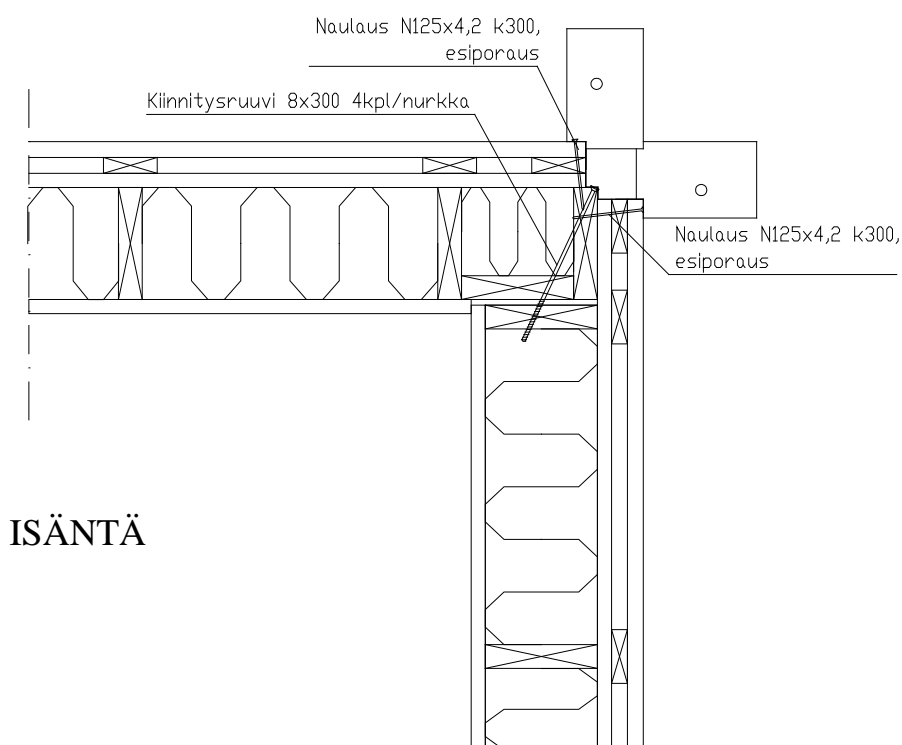
Peltikate ja tiilikate ruoteet asennetaan valmistajan ohjeen mukaisesti.

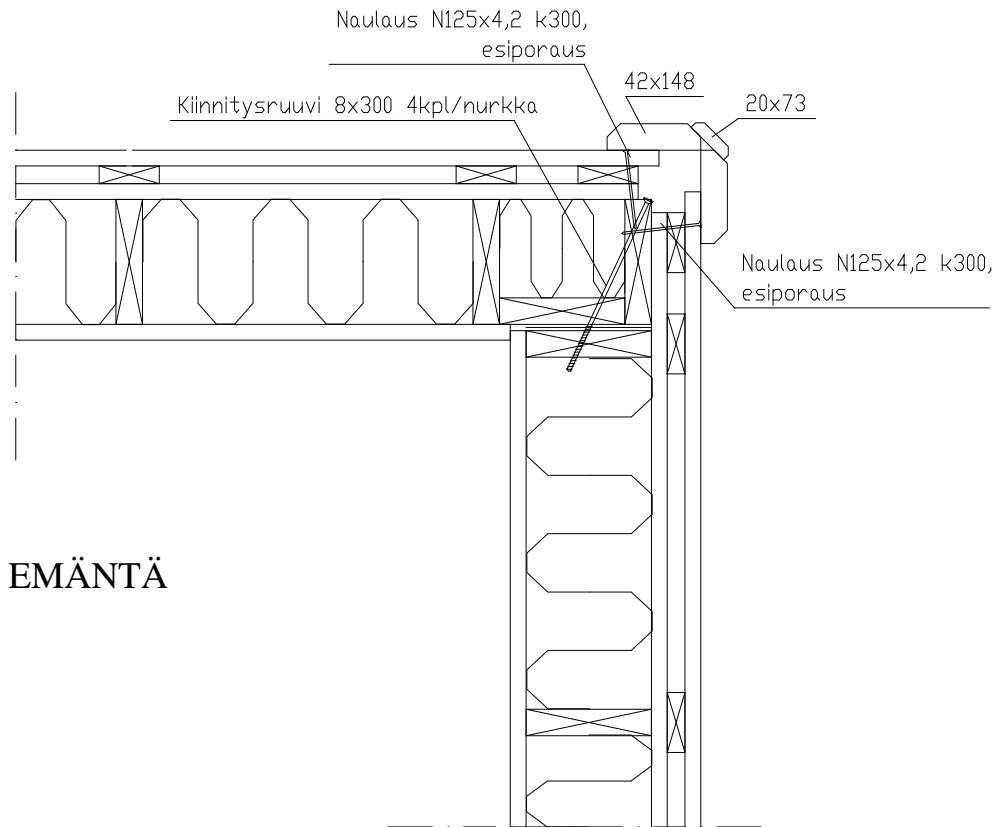
7. PILARI-PALKKILIITOKSET



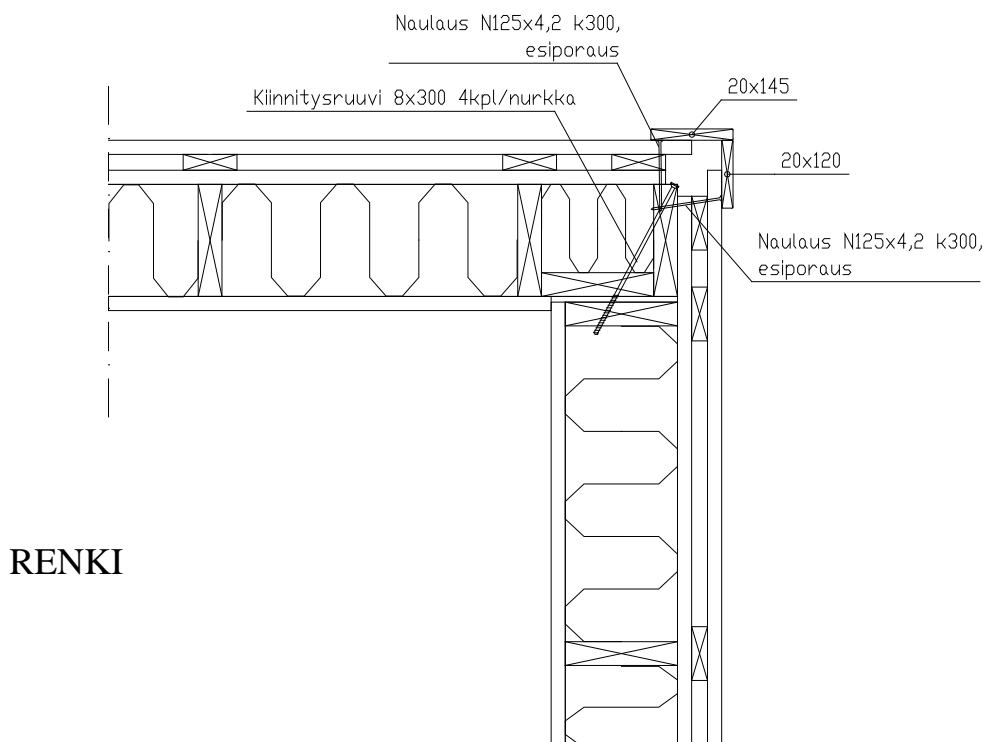
8. NURKKIEN ASENNUS

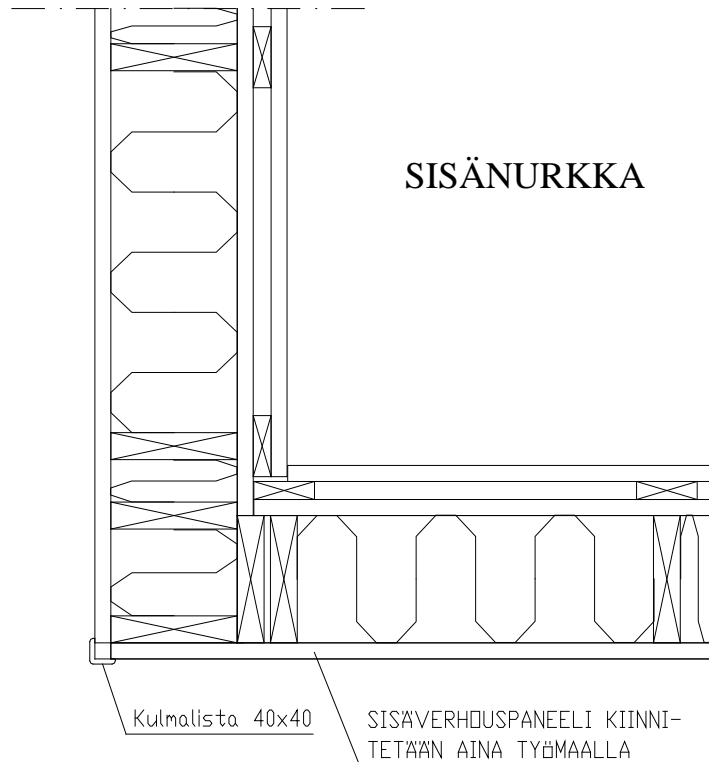
Elementit sidotaan nurkista seuraavasti:





Mikäli sisäverhous on toimitettu irrallaan, voidaan elementtinurkat sitoa myös naulamalla rungot yhteen sisäpuolelta esim. 90 mm konenauloilla.



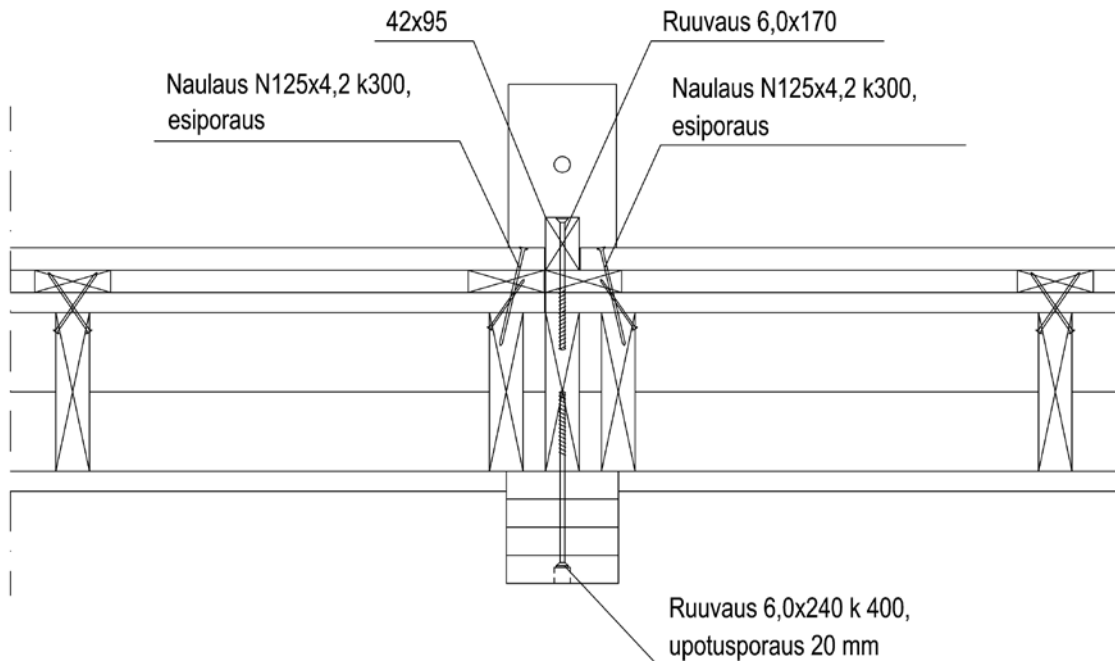


Hirsinurkat kiinnitetään vinosti ruuvaamalla seinärunkoon pitkillä ruuveilla. Lisäksi voi naulata salvoksesta pitkillä nauloilla. Lopuksi asennetaan kierretangot nurkissa oleviin reikiin.



Nurkan kiinnitys ruuveilla ja kierretangoilla

VÄLINURKKA



Välinurkan kohdalla joko väliseinä tai päädyn tukipilari.

9. IKKUNAT

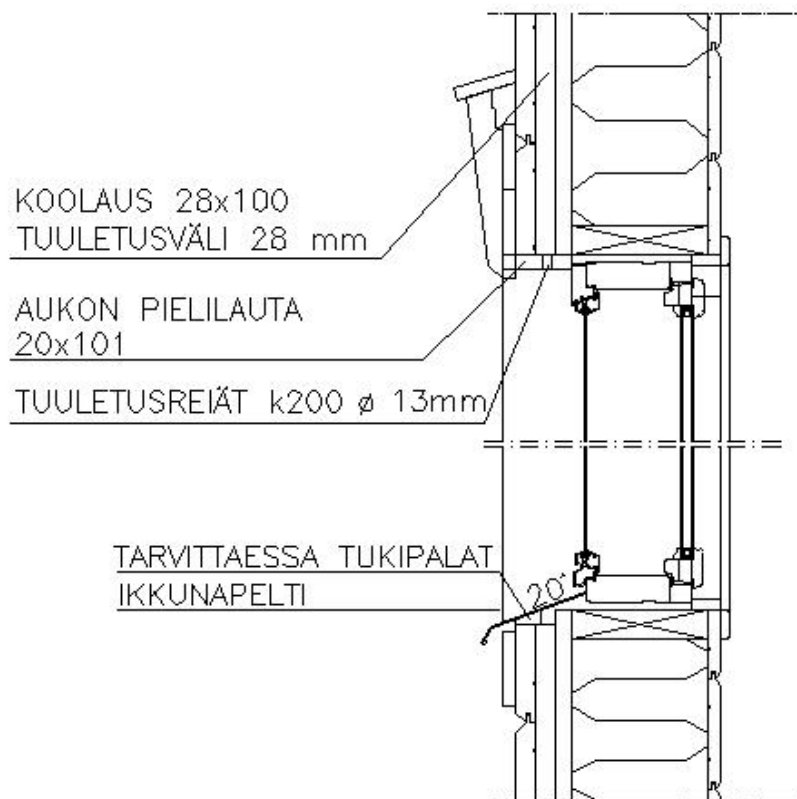
Vakioikkunat ovat Skaalan tehoselektiivi MSE -tyypin puualumiini-ikkunoita. Karmi 175 mm. Karmin ulkopinta ja ulkopuite valkoista alumiinia, sisäpuite valkoinen peitto-maalattu puu.

Ikkunat asennetaan elementteihin, eristetään ja tiivistetään pro clima -tiivistenauhalla tehtaalla valmiiksi. Sisäpuolen listoitukset ja smyygit tehdään sisäpaneloinnin jälkeen peitelistoilla 12x458.

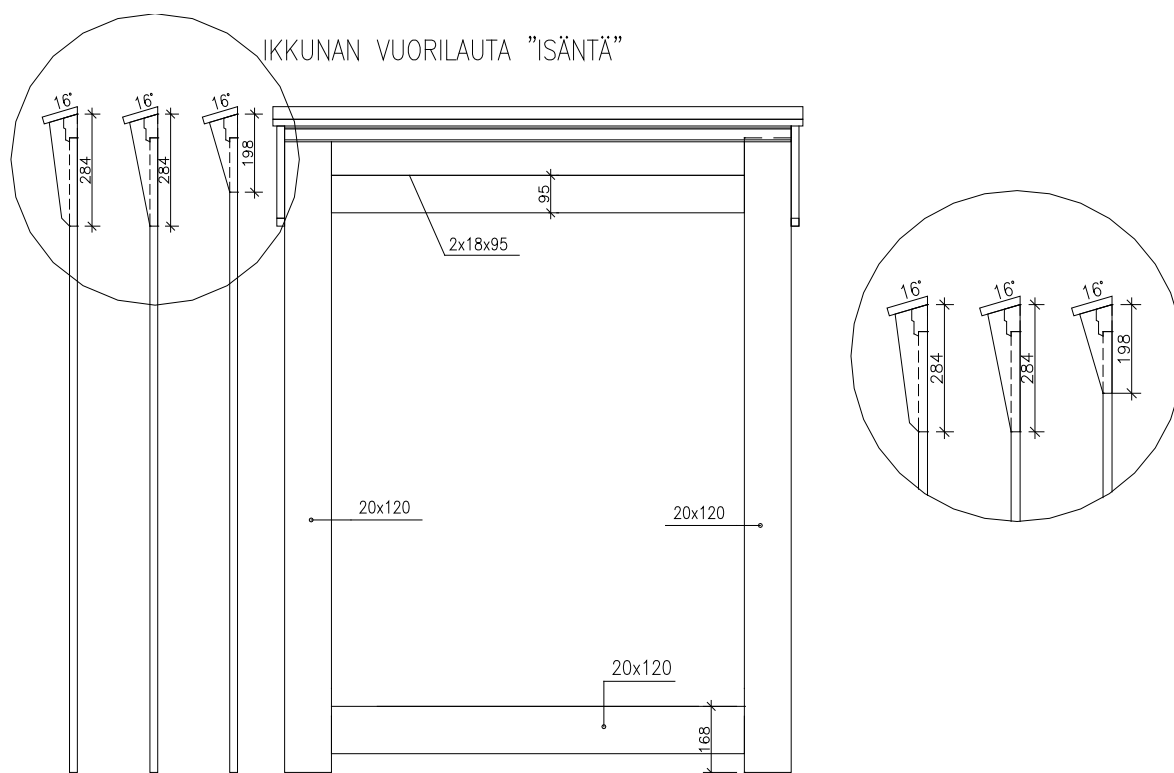
Katso erillinen ohje tiivistämisestä, jos ikkunoita asennetaan työmaalla.

Ikkunoissa, joiden alareuna on alle 700 mm lattian-, parvekkeen- tai maanpinnasta, käytetään 6 mm float -lasia.

Ikkunan asennus seinäelementtiin:

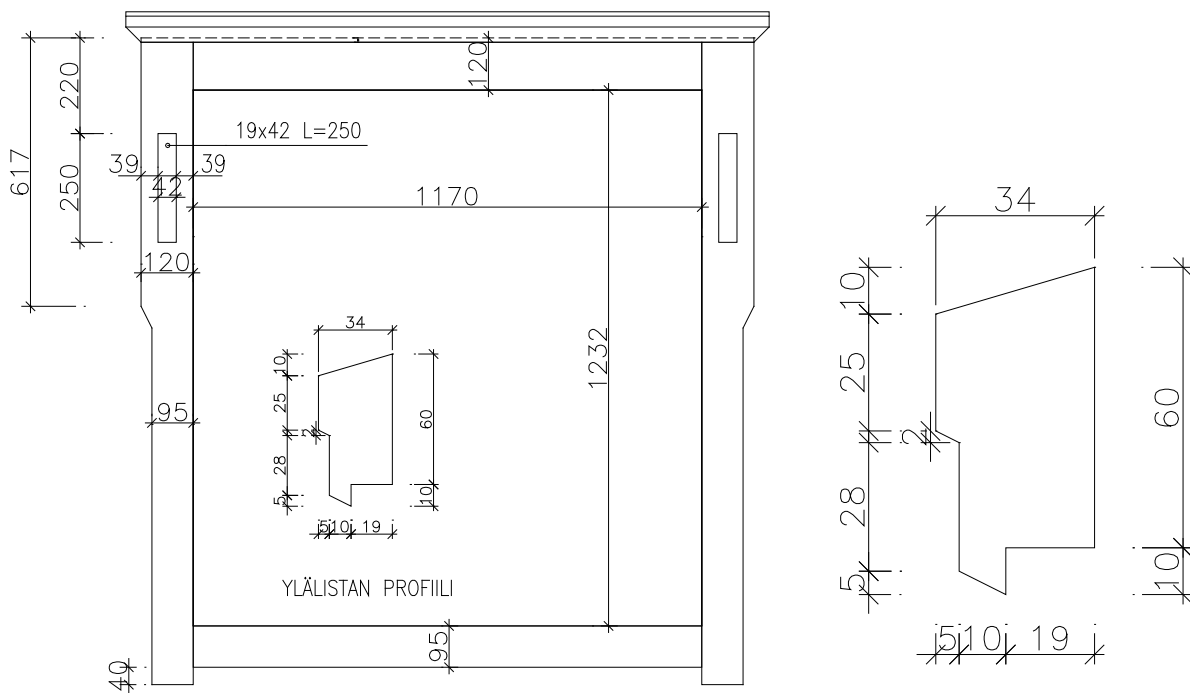


Vaihtoehtoiset vuorilautamallit ikkunoihin ja oviin ovat isäntä, emäntä tai renki.



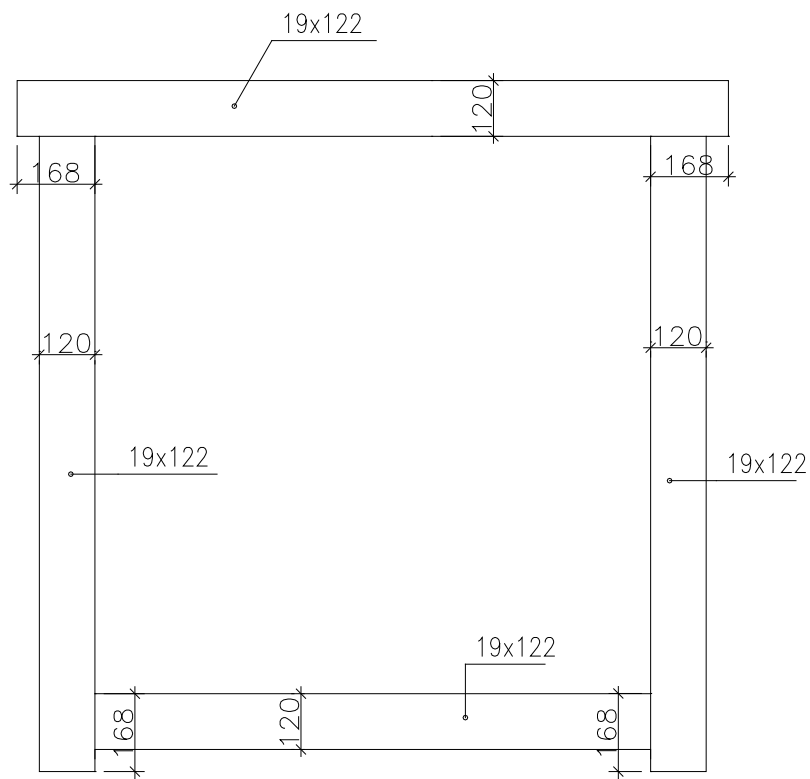
ikkuna 10,5x12

EMÄNTÄ



ikkuna 12x12

RENKI



ikkuna 12x12

Irtoristikot asennetaan ikkunoiden ulkopintaan omilla kiinnikeillään.

10. VÄLIOVET

Väliovien karmit toimitetaan osina. Varmista oven kätisyys. Kätisyys määräytyy oven avautumissuunnan perusteella.

Kiinnitä karmin yläkappale sivukappaleisiin vähintään 60 mm nauloilla tai ruuveilla.

Nosta koottu karmi aukkoon ja kiilaa se asennuskii-
lojen avulla vaaka- ja pystysuoraan.

Aseta karmin alareuna valmiin lattiapinnan tasolle.

Lattiapäällysteiden, esim. parketin, on oltava paikallaan ennen karmin kiinnittämistä.

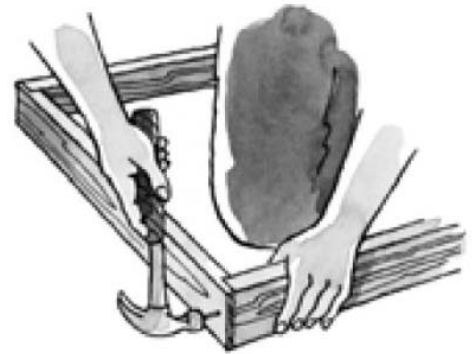
Tarkista esim. kahden puulistan tai mitan avulla, että ristimitat täsmäävät.

Karmin kiinnitykseen tarvitaan 8 kpl karmiruuveja/
karmi. Karmissa on valmiina kiinnitysreiät 14/5
mm. Kiinnitä karmin saranasivu, ja tarkista sen
suoruus. Nosta ovilevy saranoille.

Tarkista ovilevyä apuna käyttäen, että käyntivälit (karmin ja ovilevyn väliset raot) ovat samankokoiset. Kiinnitä karmin lukkosivu vaihteittain samalla tarkistaen, että käyntivälit pysyvät tasaisina. Kiinnitä mahdollinen kynnyks latti-
aan. Peitä asennusruuviin reiät muovitulpilla.

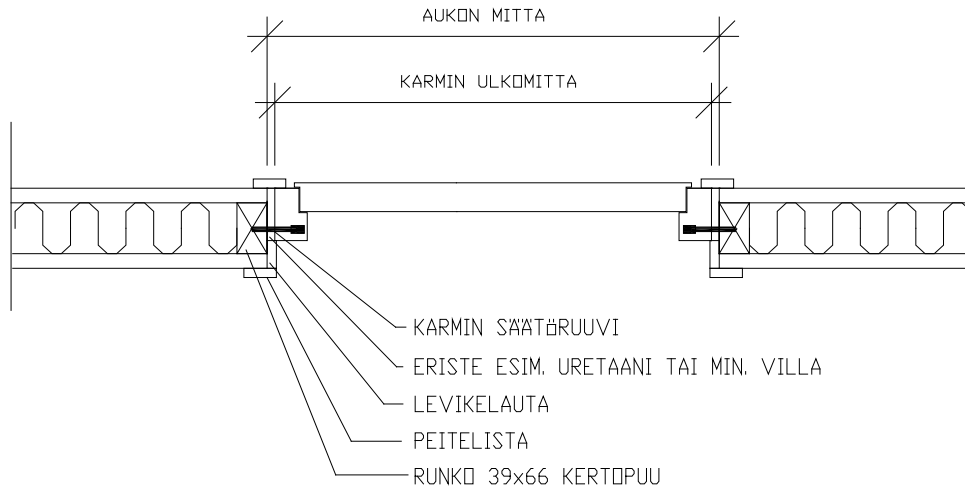
Väliovien karmit kannattaa kiinnittää siten, että karmin pinta jää toisen sisäverhouksen kanssa samalle tasolle, jolloin työstettäviä levikelautoja tarvitaan vain toiselle puolelle karmia.

Ennen tilkitsemistä tai uretaanivaahdotusta testataan, että ovi sulkeutuu tiiviisti karmia vasten.



(Kuvat: Jeld-Wen)

Kun levikelaudat on kavennettu sopiviksi ja asennettu viimeistelynaulaimella paikoilleen, oven pieli listoitetaan peitelistoilla 12x58 mm.



11. ULKO-OVEN ASENNUS

Huomioi, että mikäli ulko-ovi on puupaneloitu ovi, täytyy saranapuolelle kiinnittää täytelista (28x95mm), jotta ovi sopii aukeamaan vähintään 90 astetta eikä ota kiinni ulkoseinäpaneeliin. Listalisäyksen voi tehdä molemmille puolille symmetrisyyden vuoksi.

Oven käyntivälit ovat hyvin tarkasti mitoitettut ja asennus on suoritettava erittäin huolellisesti oven toimivuuden ja lämmöneristävyyden vuoksi.

Tarkista, että kynnyksen alusta on vaakasuorassa. Asenna kosteuseriste esim. bitumisuikale karmin alle ennen kuin karmi nostetaan paikoilleen. Älä koskaan asenna karmia suoraan lattiabetoniin.

Aseta karmi paikoilleen, kiilaa tasalaatuisin kiiloin pareittain karmin kieroutumisen estämiseksi sekä varman kiinnityksen takaamiseksi. Varmista, että sivulle ja kynnykseen jää min. 10 mm tiivistysvara. Kiilojen tulee sijaita kiinnitysruuvien kohdalla.

Tarkista vesivaa'alla, että karmi on suorassa ja ristimitä täsmää.

Kiinnitä karmi saranasivulta neljällä karminasennusruuvilla.

Nosta ovilevy paikoilleen. Säädä karmin lukkosivu siten, että ovi vastaa tasaisesti tiivisteisiin ja käyntivälit ovat tasaiset.

Tarkista, että ovi avautuu ja sulkeutuu helposti.

Kiinnitä lukkopuolen karmi, kynnyks ja yläkarmi ja peitä kiinnitysreiät muovitulvilla.

Eristä karmin ja seinän väli eristevillalla tai saumavaahdolla. Eristettä ei saa ahtaa liikaa karmin ja seinän väliin, ettei karmi pullistu ovilevyä vasten.

Mikäli ovilehden asento vaatii säätämistä, tarkista ovitoimittajan ohjeista saranasäätömahdollisuus ja säädä ohjeiden mukaisesti.

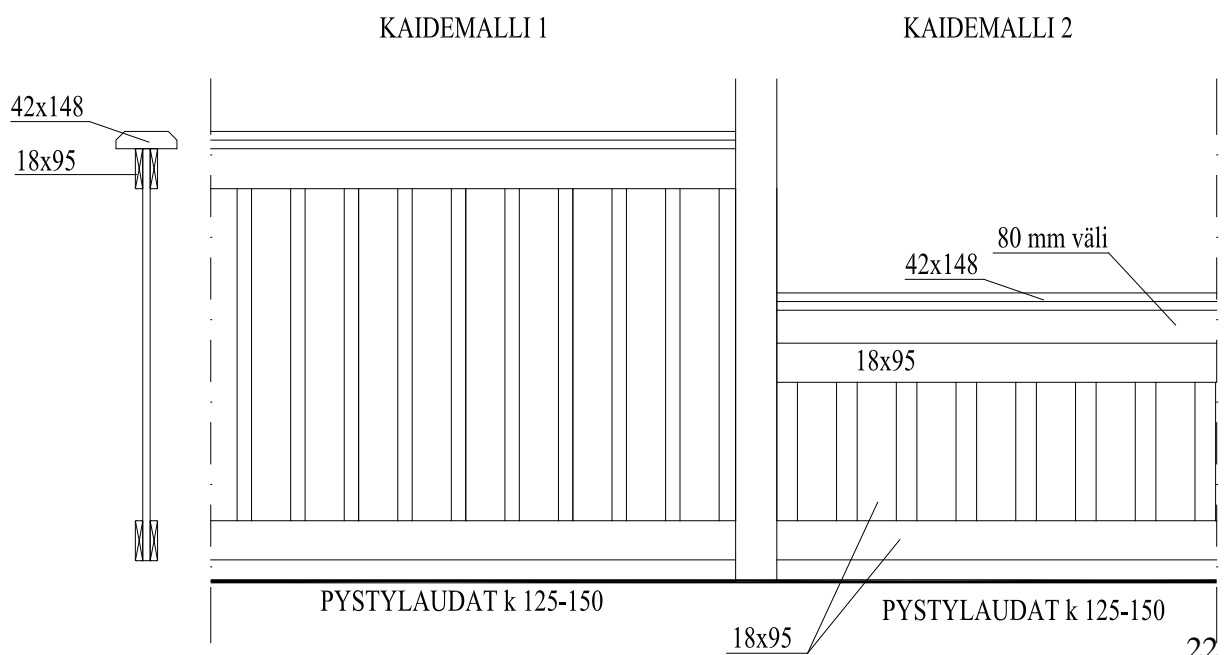
Puuvalmis ovi on käsitelty ovitehtaalla suojakäsittelyaineella, joka antaa tarvittavan suojan kuljetuksen ja asennusaikaisen varastoinnin ajaksi.

Puuvalmis ovi on pintakäsiteltävä heti asennuksen jälkeen. Suositeltava toimenpide on esim. kuultokäsittelyaine ja kaksi lakkakerrosta.

12. KAITEET

Kaiteet tulee rakentaa, kun putoamiskorkeus ylittää 500 mm. Asunnon parveke- ja terrassikaide tehdään vähintään 700 mm korkeaksi, kun putoamiskorkeus on alle 3 metriä ja 1000 mm korkeaksi, jos putoamiskorkeus on yli 3 metriä.

Kaiteet kiinnitetään terrassipilareihin ja välipilareihin kulmaraudoilla.



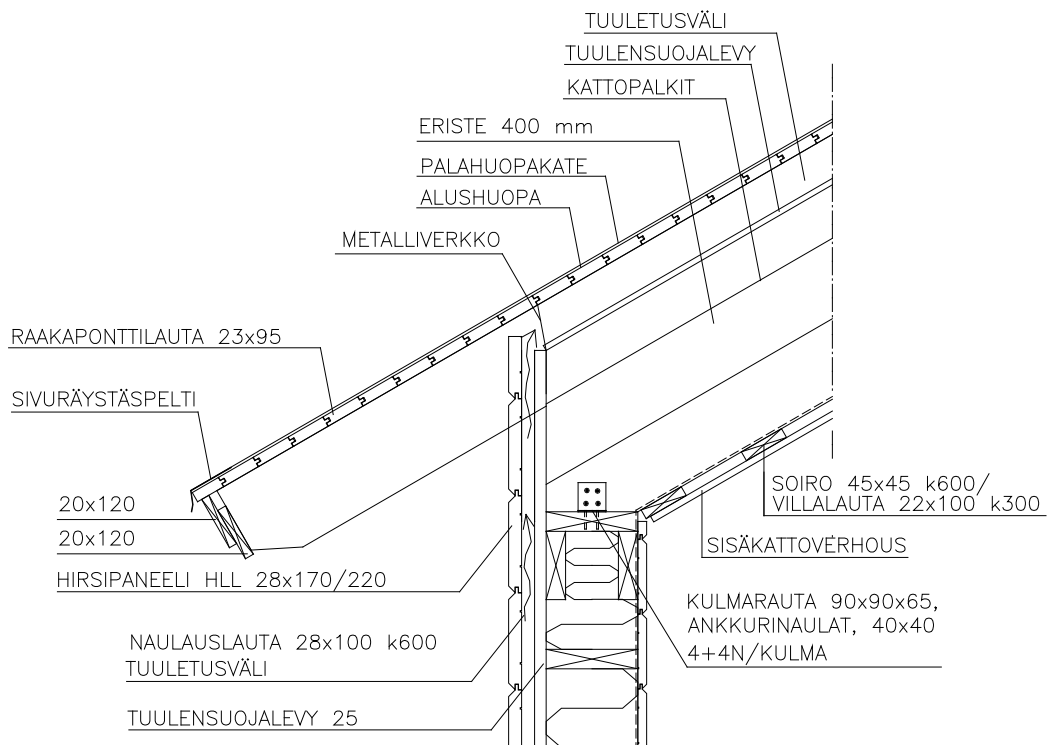
13. RÄYSTÄÄT

Räystäslautojen lukumäärä ja leveys vaihtelee valitun katemateriaalin mukaan.

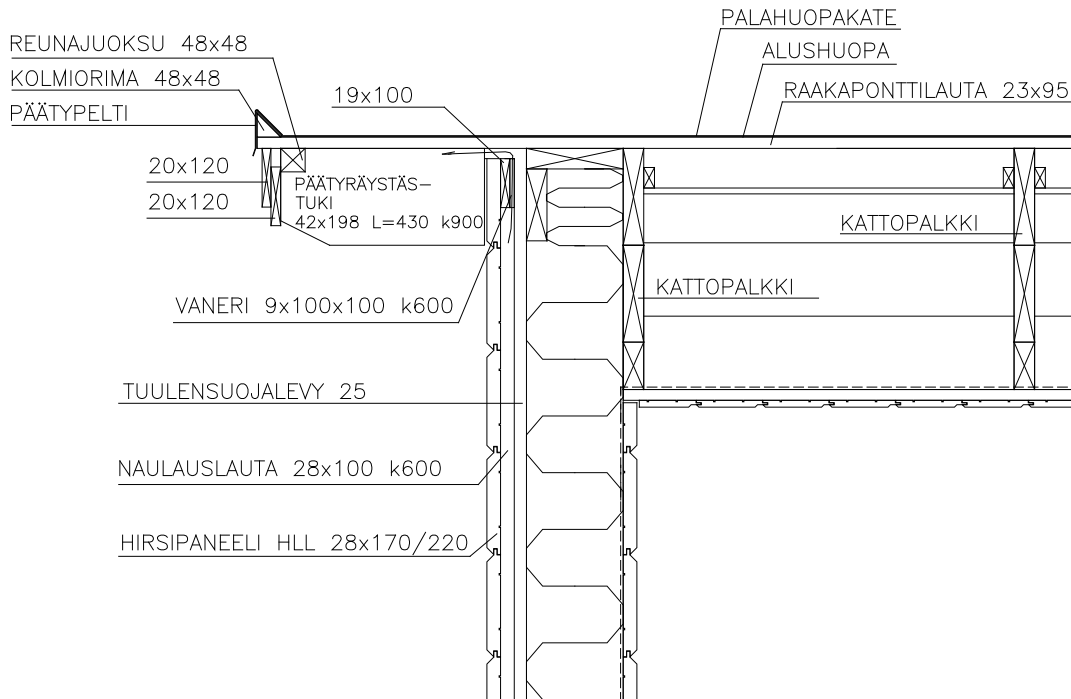
Huopakatoille asennetaan sekä sivu- että päätyräystäspellit, tiili- ja peltikatoille päätyräystäspellit. Sivuräystäspeltti kiinnitetään ennen huovan asentamista naulaamalla esim. huopanauloilla 10 cm:n välein. Päätyräystäspellit asennetaan kateasennuksen jälkeen kateruuveilla.

HUOPAKATE

SIVURÄYSTÄS, PALAHUOPAKATE

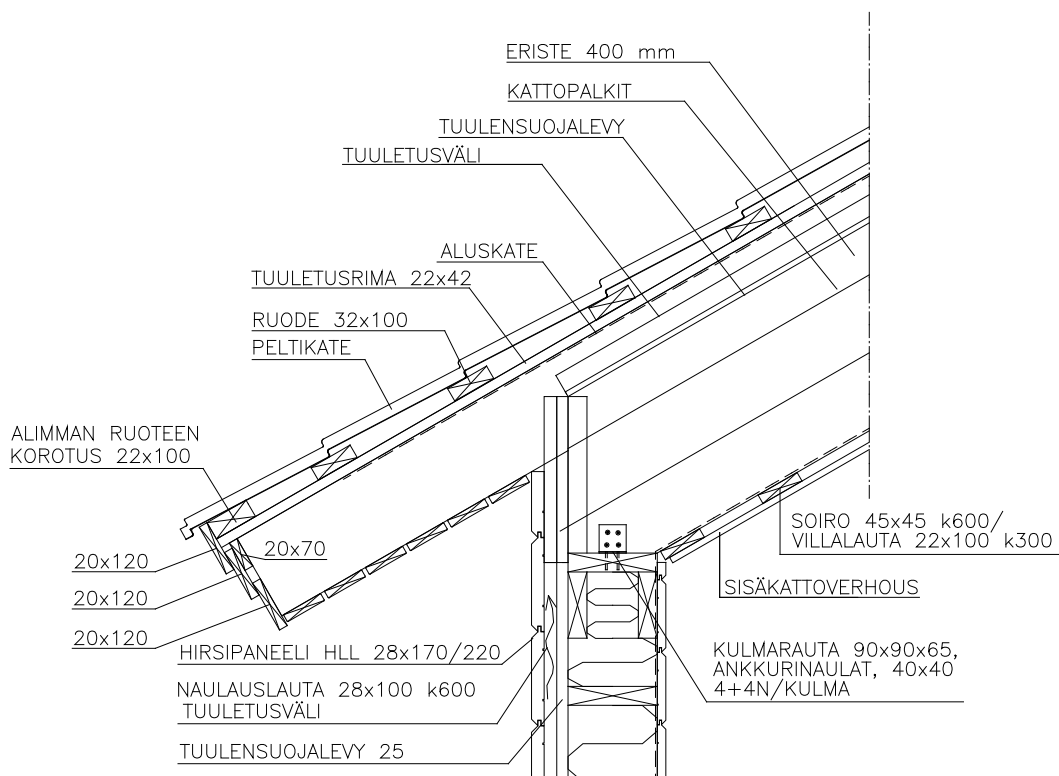


PÄÄTYRÄYSTÄS, PALAHUOPAKATE

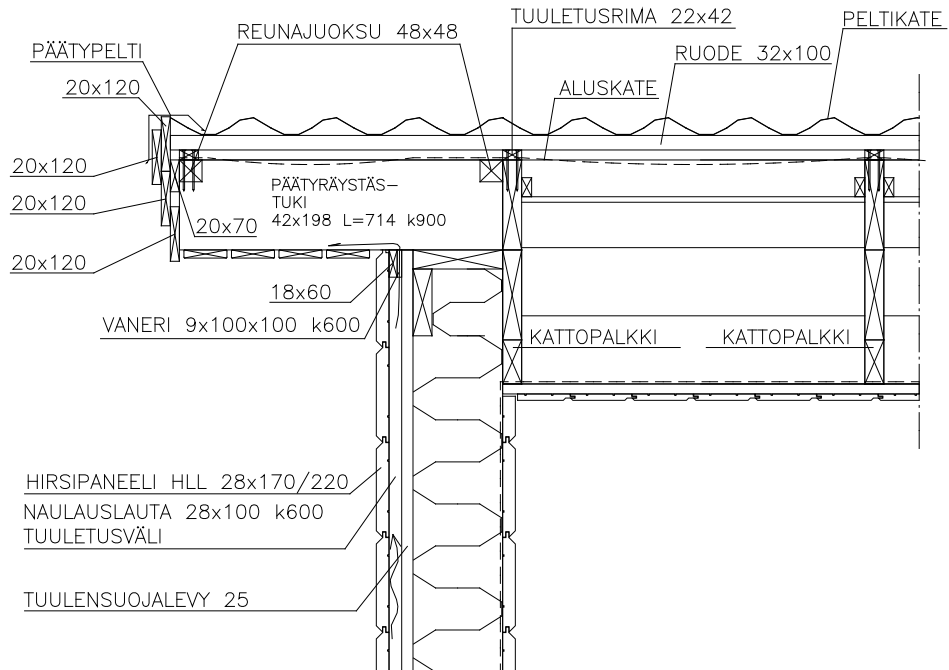


PELTIKATE

SIVURÄYSTÄS, PELTIKATE

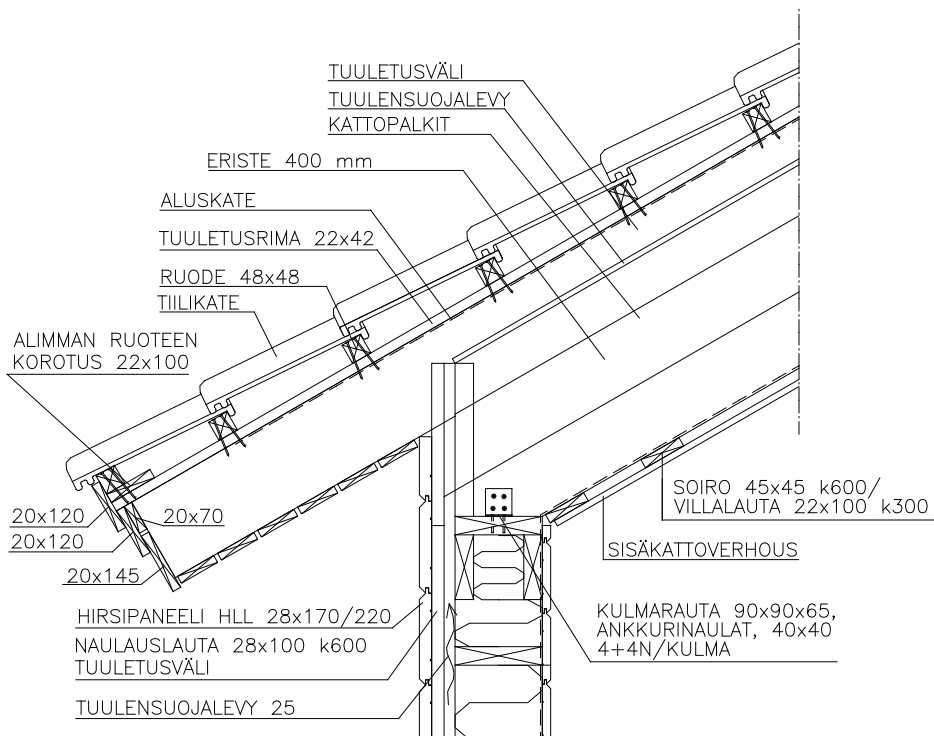


PÄÄTYRÄYSTÄS, PELTIKATE

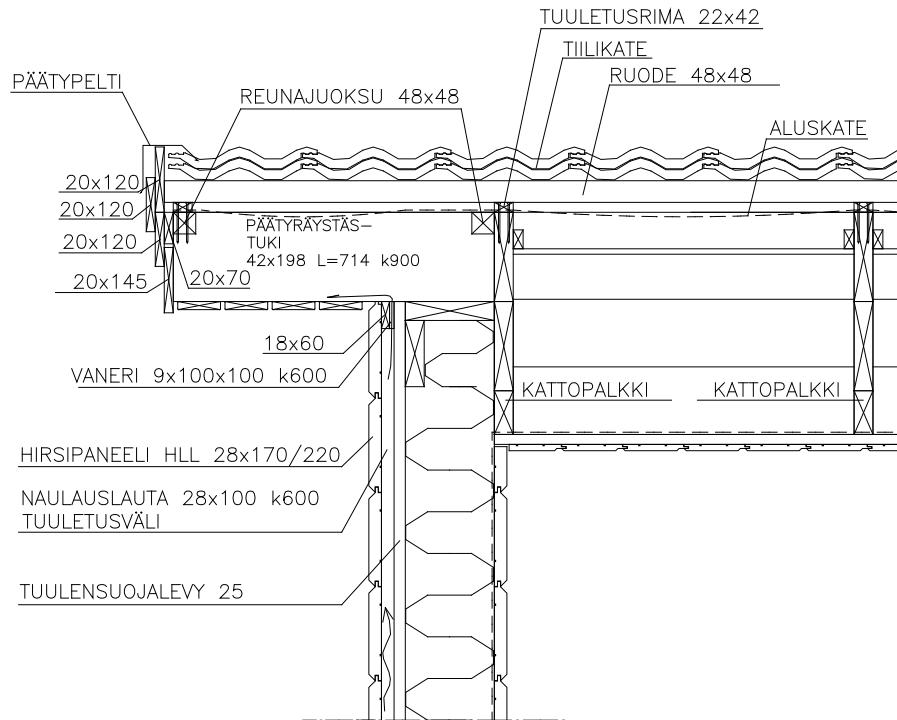


TIILIKATE

SIVURÄYSTÄS, TIILIKATE



PÄÄTYRÄYSTÄS, TIILIKATE



14. PORTAAT

Vakioporras on joko lakattu tai puuvalmis mäntyporras.

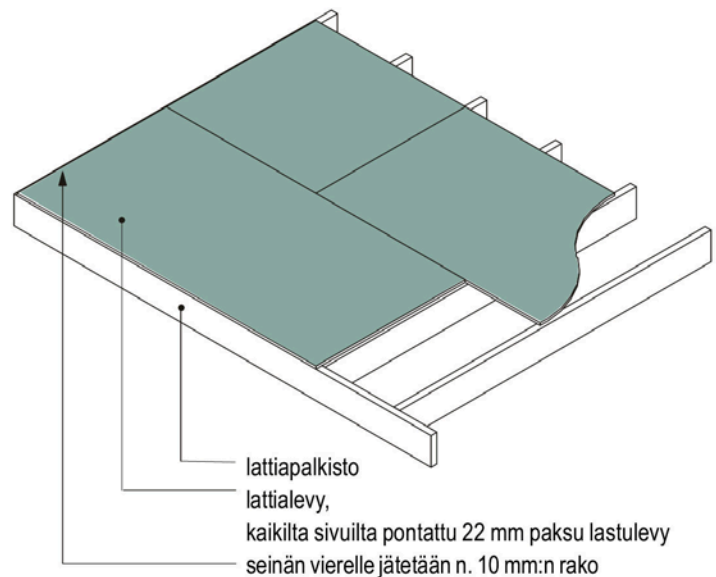
Porrasaukon ja kerroskorkeuden mitat tarkistetaan työmaalla. Kerroskorkeus on korkeusero alakerran valmiista lattiasta yläkerran valmiiseen lattiaan. Tarkat mitat ilmoitetaan tehtaalte portaalle tilausta varten. Portaan toimitusaika on noin 5 - 6 viikkoa.

Asennus

Porraslähetysten mukana on asennusohjeet, joiden mukaan porraskäytävä asennetaan. Tarvittavat kiinnitystarvikkeet sisältyvät lähetykseen.

15. VÄLIPOHJARAKENNE

- lattian pintamateriaali
- lattialastulevy 22 mm
- välipohjapalkit rakennesuunnittelijan mukaan
- levyvilla 100 mm
- ilmansulkupaperi
- koolaus 22x100 k300
- kuusipaneeli STP/TK 14x120 mm



Sisäkatto on terveksaista kuusipaneelia STP/TK 14x120 mm joko puuvalmiina tai valkolakattuna. Paneelit naulataan joka toiseen koolaukseen. Koolauksen alla asennetaan ilmansulkupaperi estämään villapölyn leviämistä. Ääneneristeenä levyvilla 100 mm.

Lastulevyt tuodaan 5 -7 vuorokautta aikaisemmin tilaan, jonka lämpötila ja suhteellinen kosteus vastaavat levyjen tulevia käyttöolosuhteita.

Asentaminen aloitetaan nurkasta naaraspontti seinää vasten.

Lastulevyt liimataan välipohjapalkkeihin ja ponteistaan ennen kuin pontti työnnetään kiinni yhtenäisen levypinnan aikaansaamiseksi.

Kun huonetilan kaikki levyt on asennettu, niiden saumat kiristetään esim. kiilojen avulla. Levyt kiinnitetään ruuveilla, joiden pituus on min. 2,5 kertaa levyn paksuus. Kiinnitys noin 20 cm:n välein.

